



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201434789 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 09 月 16 日

(21)申請案號：103102494

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 01 月 23 日

(51)Int. Cl. : **C04B35/46 (2006.01)** **H01L41/187 (2006.01)**

(30)優先權：2013/01/29 日本 2013-014613

(71)申請人：佳能股份有限公司 (日本) CANON KABUSHIKI KAISHA (JP)
日本

(72)發明人：林潤平 HAYASHI, JUMPEI (JP)；渡邊隆之 WATANABE, TAKAYUKI (JP)；村上
俊介 MURAKAMI, SHUNSUKE (JP)；上田未紀 UEDA, MIKI (JP)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：14 共 71 頁

(54)名稱

壓電材料、壓電元件及電子裝備

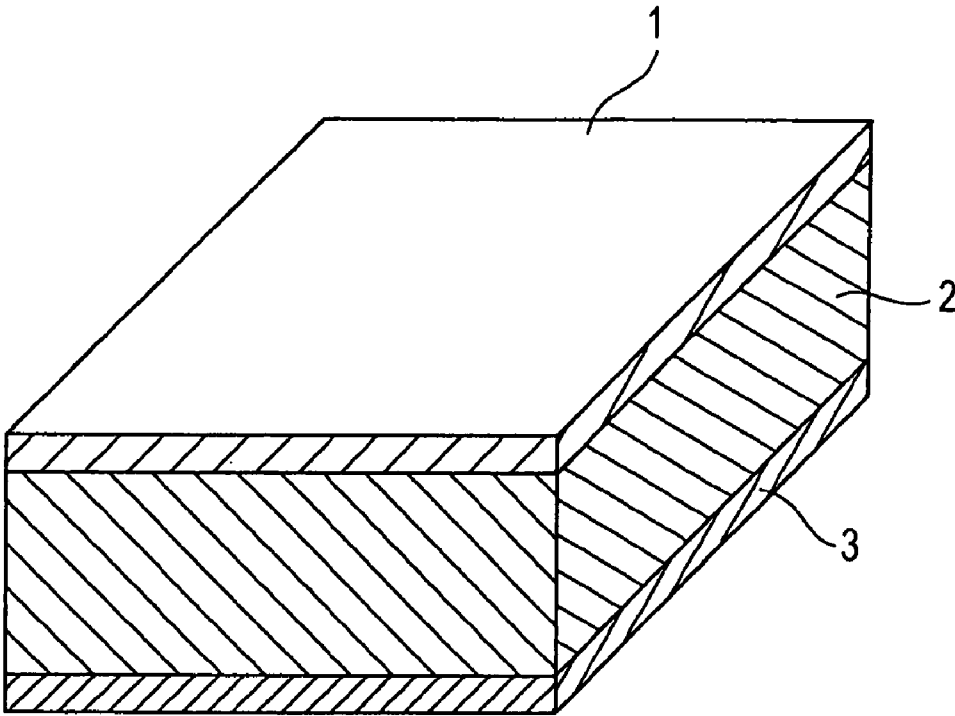
PIEZOELECTRIC MATERIAL, PIEZOELECTRIC ELEMENT, AND ELECTRONIC EQUIPMENT

(57)摘要

本發明提供一種無鉛且無鉀之壓電材料，其具有高壓電常數及令人滿意之絕緣性質；以及包括該壓電材料之壓電元件。該壓電材料含有具有通式(1)之鈣鈦礦型金屬氧化物： $(\text{Na}_x\text{Ba}_{1-y})(\text{Nb}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ (其中 x 滿足 $0.80 \leq x \leq 0.95$ ，且 y 滿足 $0.85 \leq y \leq 0.95$)；及至少一種選自以下之稀土元素：La、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、及 Lu，其中該稀土元素含量多於鈣鈦礦型金屬氧化物之量的 0 莫耳%且為 5 莫耳%或更少。該壓電元件包括該壓電材料。

圖 1

- 1：第一電極
- 2：壓電材料部分
- 3：第二電極





(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201434789 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 09 月 16 日

(21)申請案號：103102494

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 01 月 23 日

(51)Int. Cl. : **C04B35/46 (2006.01)** **H01L41/187 (2006.01)**

(30)優先權：2013/01/29 日本 2013-014613

(71)申請人：佳能股份有限公司 (日本) CANON KABUSHIKI KAISHA (JP)
日本

(72)發明人：林潤平 HAYASHI, JUMPEI (JP)；渡邊隆之 WATANABE, TAKAYUKI (JP)；村上
俊介 MURAKAMI, SHUNSUKE (JP)；上田未紀 UEDA, MIKI (JP)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：14 共 71 頁

(54)名稱

壓電材料、壓電元件及電子裝備

PIEZOELECTRIC MATERIAL, PIEZOELECTRIC ELEMENT, AND ELECTRONIC EQUIPMENT

(57)摘要

本發明提供一種無鉛且無鉀之壓電材料，其具有高壓電常數及令人滿意之絕緣性質；以及包括該壓電材料之壓電元件。該壓電材料含有具有通式(1)之鈣鈦礦型金屬氧化物： $(\text{Na}_x\text{Ba}_{1-y})(\text{Nb}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ (其中 x 滿足 $0.80 \leq x \leq 0.95$ ，且 y 滿足 $0.85 \leq y \leq 0.95$)；及至少一種選自以下之稀土元素：La、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、及 Lu，其中該稀土元素含量多於鈣鈦礦型金屬氧化物之量的 0 莫耳%且為 5 莫耳%或更少。該壓電元件包括該壓電材料。

發明摘要

※申請案號：103102494

※申請日：103 年 01 月 23 日

※IPC 分類： *Co4B 33/46* (2006.01)
H01L 41/187 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

壓電材料、壓電元件及電子裝備

Piezoelectric material, piezoelectric element, and electronic equipment

【中文】

本發明提供一種無鉛且無鉀之壓電材料，其具有高壓電常數及令人滿意之絕緣性質；以及包括該壓電材料之壓電元件。該壓電材料含有具有通式(1)之鈣鈦礦型金屬氧化物： $(\text{Na}_x\text{Ba}_{1-y})(\text{Nb}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ （其中 x 滿足 $0.80 \leq x \leq 0.95$ ，且 y 滿足 $0.85 \leq y \leq 0.95$ ）；及至少一種選自以下之稀土元素：La、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、及 Lu，其中該稀土元素含量多於鈣鈦礦型金屬氧化物之量的 0 莫耳%且為 5 莫耳%或更少。該壓電元件包括該壓電材料。

【英文】

There is provided a lead- and potassium-free piezoelectric material having a high piezoelectric constant and a satisfactory insulation property and a piezoelectric element that includes the piezoelectric material. The piezoelectric material contains a perovskite-type metal oxide having the general formula (1): $(\text{Na}_x\text{Ba}_{1-y})(\text{Nb}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ (wherein x satisfies $0.80 \leq x \leq 0.95$, and y satisfies $0.85 \leq y \leq 0.95$); and at least one rare-earth element selected from La, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, and Lu, wherein the rare-earth element content is more than 0 mol% and 5 mol% or less of the amount of perovskite-type metal oxide. The piezoelectric element includes the piezoelectric material.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

1：第一電極

2：壓電材料部分

3：第二電極

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：
無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

壓電材料、壓電元件及電子裝備

Piezoelectric material, piezoelectric element, and electronic equipment

【技術領域】

[0001] 本發明關於壓電材料，更特別的是，關於無鉛壓電材料。本發明亦關於各包括該壓電材料之壓電元件、多層壓電元件、液體排出頭、液體排出設備、超音波馬達、光學設備、振動設備、除塵裝置、攝像設備以及電子設備。

【先前技術】

[0002] 通常，壓電陶瓷為 ABO_3 鈣鈦礦型金屬氧化物，諸如銦酸鈦酸鉛（下文稱為 PZT）。然而，PZT 含有鉛作為 A 位點元素，其對於環境之影響被視為問題。因此，需要無鉛鈣鈦礦型金屬氧化物之壓電陶瓷。

[0003] NPL 1 揭示在少量鈦酸鋇於反鐵電材料（*anti-ferroelectric material*）鋰酸鈉中之固溶體中，鋰酸鈉轉化成鐵電材料。NPL 1 亦揭示鈦酸鋇濃度在 5% 至 20% 之範圍內且在 1200°C 至 1280°C 範圍內之溫度下燒結的化合物之剩磁極化、矯頑場、壓電常數及電機耦合係數。描述於 NPL 1 之該材料不含鉛及鉀。鉀係造成不良燒結性及低抗

濕性的原因。NPL 1 中描述之材料的居里溫度高於典型無鉛壓電材料鈦酸鋇之居里溫度（110℃至 120℃）。NPL 1 揭示具有最大壓電常數 $d_{33} = 143 \text{ pC/N}$ 的組成物 $(\text{Na}_{0.9}\text{Ba}_{0.1})(\text{Nb}_{0.9}\text{Ti}_{0.1})\text{O}_3$ 之居里溫度為 230℃。

[0004] PTL 1 揭示將鈷添加至是為鈮酸鈉與鈦酸鋇之固溶體（NN-BT-Co）的壓電陶瓷可改善壓電常數。亦揭示 PTL 1 中描述之壓電材料的樣本因低至大約 $10^6 \Omega$ 之低絕緣電阻而難以極化。

引用列表

專利文獻

[0005]

PTL 1 日本專利早期公開案第 2009-227535 號

非專利文獻

[0006]

NPL 1 J.T. Zeng 等人, Journal of the American Ceramic Society, 2006, 第 89 卷, 第 2828 至 2832 頁

【發明內容】

技術問題

[0007] 然而，是為鈦酸鋇在鈮酸鈉中之固溶體（下文稱為 NN-BT）的已知壓電材料不幸地具有不足之壓電性能。因 NN-BT-Co 不良絕緣性質，其難以極化而且用於壓電元件之應用有限。

[0008] 本發明解決此等問題並提供具有高壓電常數及令人滿意之絕緣性質的無鉛且無鉀之壓電材料。本發明亦提供各包括該壓電材料之壓電元件、多層壓電元件、液體排出頭、液體排出設備、超音波馬達、光學設備、振動設備、除塵裝置、攝像設備以及電子設備。

解決方案

[0009] 解決上述問題之根據本發明一方面的壓電材料含有具有以下通式(1)之鈣鈦礦型金屬氧化物，及至少一種選自以下之稀土元素：La、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、及 Lu，其中該稀土元素含量多於鈣鈦礦型金屬氧化物之量的 0 莫耳%且為 5 莫耳%或更少。

$(\text{Na}_x\text{Ba}_{1-y})(\text{Nb}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ (1) (其中 x 滿足 $0.80 \leq x \leq 0.95$ ，且 y 滿足 $0.85 \leq y \leq 0.95$)。

[0010] 根據本發明一方面之壓電元件包括第一電極、壓電材料部分及第二電極，其中該壓電材料部分包括上述壓電材料。

[0011] 根據本發明一方面之多層壓電元件包括於彼此頂部交錯堆疊之壓電材料層及電極層。該等電極層包括內部電極。該等壓電材料層包括上述壓電材料。

[0012] 根據本發明一方面之液體排出頭包括液體室及與該液體室連通之排出口。該液體室具有包括上述壓電元件或多層壓電元件之振動部分。

[0013] 根據本發明一方面之液體排出設備包括經建構以接收物體之台及上述之液體排出頭。

[0014] 根據本發明一方面之超音波馬達包括振動構件及與該振動構件接觸之移動體。該振動構件包括上述壓電元件或多層壓電元件。

[0015] 根據本發明一方面之光學設備含有包括上述超音波馬達之驅動單元。

[0016] 根據本發明一方面之振動設備含有包括上述壓電元件或多層壓電元件之振動構件。

[0017] 根據本發明一方面之除塵裝置含有包括上述振動設備的振動部分。

[0018] 根據本發明一方面之攝像設備含有上述除塵裝置及攝像元件單元，其中該除塵裝置包括在該攝像元件單元之光接收表面側上的振動組件。

[0019] 根據本發明一方面之電子設備含有包括上述壓電元件或多層壓電元件的壓電音響組件。

本發明之有利效果

[0020] 本發明可提供具有高壓電常數及令人滿意之絕緣性質的無鉛且無鉀之壓電材料。本發明亦可提供各包括該壓電材料之壓電元件、多層壓電元件、液體排出頭、液體排出設備、超音波馬達、光學設備、振動設備、除塵裝置、攝像設備以及電子設備。根據本發明具體實例之壓電材料不含鉛且具有低環境負荷。根據本發明具體實例之

壓電材料亦不含鉀，因此具有令人滿意之燒結性及抗濕性。

【圖式簡單說明】

[0021]

圖 1 係根據本發明具體實例之壓電元件的示意圖。

圖 2A 及 2B 係根據本發明具體實例之多層壓電元件的示意橫斷面圖。

圖 3A 及 3B 係根據本發明具體實例之液體排出頭的示意圖。

圖 4 係根據本發明具體實例之液體排出設備的示意圖。

圖 5 係根據本發明具體實例之液體排出設備的示意圖。

圖 6A 及 6B 係根據本發明具體實例之超音波馬達的示意圖。

圖 7A 及 7B 係根據本發明具體實例之光學設備的示意圖。

圖 8 係根據本發明具體實例之光學設備的示意圖。

圖 9A 及 9B 係根據本發明具體實例之包括振動設備的除塵裝置之示意圖。

圖 10A 至 10C 係根據本發明具體實例之除塵裝置的壓電元件之示意圖。

圖 11A 及 11B 係圖示根據本發明具體實例之除塵裝

置的振動原理之示意圖。

圖 12 係根據本發明具體實例之攝像設備的示意圖。

圖 13 係根據本發明具體實例之攝像設備的示意圖。

圖 14 係根據本發明具體實例之電子設備的示意圖。

【實施方式】

[0022] 下文茲描述本發明之具體實例。

[0023] 本發明提供以鈦酸鋇在鈮酸鈉中之固溶體（NN-BT）為底質並具有高壓電常數及令人滿意之絕緣性質的無鉛且無鉀之壓電材料。根據本發明具體實例之壓電材料可利用其介電性質而用於各種不同應用，諸如電容器、記憶體及感測器。

[0024] 根據本發明具體實例的壓電材料含有具有以下通式（1）之鈣鈦礦型金屬氧化物，及至少一種選自以下之稀土元素：La、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、及 Lu，其中該稀土元素含量多於鈣鈦礦型金屬氧化物之量的 0 莫耳%且為 5 莫耳%或更少。

$(\text{Na}_x\text{Ba}_{1-y})(\text{Nb}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ （1）（其中 x 滿足 $0.80 \leq x \leq 0.95$ ，且 y 滿足 $0.85 \leq y \leq 0.95$ ）。

[0025] 本文所使用之術語「鈣鈦礦型金屬氧化物」係指具有理想上為立方結構之鈣鈦礦型結構的金屬氧化物，如 Iwanami Rikagaku Jiten 第 5 版（1998 年 2 月 20 日由 Iwanami Shoten, Publishers 出版）中所述。具有鈣鈦

礦型結構之金屬氧化物通常以化學式 ABO_3 表示。在鈣鈦礦型金屬氧化物中，元素 A 及 B 分別呈離子形式佔據稱之為 A 位點及 B 位點之單位晶胞中的特定位置。就立方晶系單位晶胞而言，元素 A 佔據立方體之頂點，及元素 B 佔據該立方體之主體中心位置。元素 O 為佔據該立方體之面心位置的氧陰離子。

[0026] 在具有通式 (1) 之鈣鈦礦型金屬氧化物中，在 A 位點之金屬元素為 Na 及 Ba，及在 B 位點之金屬元素為 Nb 及 Ti。Na 及 Ba 可部分佔據 B 位點。同樣的，Nb 及 Ti 可部分佔據 A 位點。

[0027] 在通式 (1) 中，雖然 B 位點元素對元素 O 的莫耳比為 1:3，但莫耳比之小幅變化（例如 1.00:2.94 至 1.00:3.06）在本發明範圍內，其條件係該金屬氧化物具有鈣鈦礦型結構作為主要相。金屬氧化物之鈣鈦礦型結構可藉由使用藉由 X 射線繞射或電子繞射之結構分析測定。

[0028] 根據本發明具體實例之壓電材料可具有任何形式，諸如陶瓷、粉末、單晶、膜或漿體，及可為陶瓷。本文所使用之術語「陶瓷」係指含有金屬氧化物作為基本組分並藉由熱處理而燒結之晶粒的聚集體（亦稱為塊體），即多晶材料。術語「陶瓷」亦包括於燒結後經加工處理之陶瓷。

[0029] 通式 (1) 之 x 值（其代表在 A 位點之 Na 的豐度）可在 $0.80 \leq x \leq 0.95$ 之範圍內。低於 0.80 之 x 值造成 Na 相對於 Nb 缺乏，並形成雜質相（具有與

$\text{Ba}_4\text{Nb}_2\text{O}_9$ 、 $\text{Ba}_6\text{Ti}_7\text{Nb}_9\text{O}_{42}$ 、 $\text{Ba}_3\text{Nb}_4\text{Ti}_4\text{O}_{21}$ 或 $\text{Ba}_3\text{Nb}_{3.2}\text{Ti}_5\text{O}_{21}$ 相似之 X 射線繞射圖案的相)。富含此種雜質相之金屬氧化物樣本具有在 10^7 至 $10^8 \Omega\cdot\text{cm}$ 範圍內之低電阻率且難以極化。高於 0.95 之 x 值造成室溫下之低壓電性。當 x 滿足 $0.80 \leq x \leq 0.95$ 時，鮮少發生雜質相，該壓電材料具有高壓電性。該 x 值可在 $0.80 \leq x \leq 0.93$ 之範圍內。

[0030] 通式 (1) 之 y 值 (其代表在 B 位點之 Nb 的豐度) 可在 $0.85 \leq y \leq 0.95$ 之範圍內。低於 0.85 之 y 值造成低於 140°C 之居里溫度。高於 0.95 之 y 值造成室溫下之低壓電性。

[0031] 在 $0.85 \leq y \leq 0.95$ 範圍內之 y 值造成為 140°C 或更高之居里溫度以及高壓電性。

[0032] 在 $0.85 \leq y \leq 0.90$ 範圍內之 y 值造成在大約 90°C 至 230°C 之範圍內的居里溫度，此使極化處理容易。在 $0.88 \leq y \leq 0.90$ 範圍內之 y 值造成在大約 150°C 至 230°C 範圍內之居里溫度，此使得極化處理容易且造成因裝置製造程序中之熱而使得壓電性能變差的可能性低。

[0033] 居里溫度係高於此溫度時壓電材料之壓電性即消失的溫度。本文所使用之術語「居里溫度」係指在此鐵電相及順電相之間的相轉變溫度附近中介電常數最高之溫度。根據本發明具體實例之鈣鈦礦型金屬氧化物在低於居里溫度之溫度範圍內具有連續相轉變溫度。在該連續相轉變溫度下，發生從正方晶體鐵電相至斜方晶體鐵電相之連續相轉變。在該連續相轉變溫度下，相對介電常數最高

或具有反曲點。如此，以與居里溫度相同之方式，該連續相轉變溫度可從相對介電常數之溫度相依性測定。例如，隨著溫度提高，固溶體 $0.9\text{NaNbO}_3\text{-}0.1\text{BaTiO}_3$ 形成從斜方晶體至正方晶體及至立方晶體之相轉變。

[0034] 壓電性能在該連續相轉變溫度附近中為最高。如此，在裝置之驅動溫度範圍（例如 -30°C 至 60°C ）中，當需要不受溫度影響之一致壓電性能時，該驅動溫度範圍中不存在連續相轉變是有利的。介電損失以及壓電性能視溫度而定。

[0035] 根據本發明具體實例之壓電材料由至少一種選自以下之稀土元素（RE）組成：La、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb 及 Lu。該等元素為稀土元素，其三價係安定的。

[0036] 根據本發明具體實例之壓電材料的稀土元素含量多於該鈣鈦礦型金屬氧化物的量之 0 莫耳%且為 5 莫耳%或更少，較佳係多於 0 莫耳%且為 3 或更少。以莫耳%表示之稀土元素含量為該稀土元素之莫耳比。含有 5 莫耳%或更少稀土元素之根據本發明具體實例的壓電材料具有高絕緣電阻以及較小之低溫介電損失。此可能因為該稀土元素主要佔據 A 位點並補償因 Na 缺乏所致之 A 位點瑕疵。此亦可能因為連續相轉變溫度偏移至較低溫，其減少低溫介電損失。本文所使用之術語「低溫」係指 0°C 或更低。如此，包括根據本發明具體實例之壓電材料的裝置在 0°C 或更低下亦可具有優異壓電性質。

[0037] 因 5 莫耳%或更少之稀土元素抑制在還原氣氛中燒製當中的 Ti 還原，根據本發明具體實例之壓電材料具有令人滿意之絕緣性質。

[0038] 在稀土元素當中，Lu、Yb、Er、Ho 及 Dy 可使連續相轉變溫度偏移至較低溫度。La、Nd、Sm 及 Dy 可改善室溫下之壓電性。然而，多於 5 莫耳%之稀土元素含量造成室溫下之低壓電性。

[0039] 稀土元素可置於 A 位點或 B 位點或此二位點上，或在陶瓷晶界中。在 A 位點上之稀土元素可補償因 Na 缺乏所致之 A 位點瑕疵。樣本中之稀土元素的分布及在晶體中之佔據位點可使用電子顯微鏡、藉由能量色散 X 射線光譜術、X 射線繞射或拉曼散射，或使用透射電子顯微鏡測定。

[0040] 根據本發明具體實例之壓電材料可含有鈣鈦礦型金屬氧化物、稀土元素及 Cu。該 Cu 含量為鈣鈦礦型金屬氧化物之量的多於 0 莫耳%且為 2 莫耳%或更少，較佳為 1 莫耳%或更少。以莫耳%表示之 Cu 含量為根據金屬基準的 Cu 之莫耳比。根據本發明具體實例之壓電材料中的 2 莫耳%或更少之 Cu 含量可造成提高之電阻率、壓電常數及相對密度。本文所使用之術語「相對密度」係指所測量密度相對於理論密度之比。該理論密度可例如從該材料之分子量及晶格常數計算。所測量之密度可例如使用阿基米德原理測量。

[0041] 燒製溫度可降低。燒結溫度係可形成具有 95

% 或更多的相對密度之經燒結體的最低燒製溫度。Cu 可減少根據本發明具體實例之壓電材料中的自發性極化之釘扎 (pinning)。減少釘扎使得容易經由極化處理來改變相同方向中的自發性極化。此提高共振與非共振之間的阻抗相位差，及提高機械品質因數 Q_m 。由於 Cu 之低熔點，其促進液相燒結。因此，Cu 可在晶界中分離。改善液相燒結減少經燒結體中之孔數及提高該經燒結體的密度。減少孔數造成機械品質因數 Q_m 提高。

[0042] Cu 可沉積在 A 位點或 B 位點或此二者上，或在陶瓷晶界中。

[0043] 燒結含有銦酸鈉之晶體作為組分可導致 Na 蒸發或擴散，且燒結後之樣本組成物可能相對於 Nb 缺乏 Na。因此，A 位點具有瑕疵。然而，秤出過量 Na 原粉末可造成經燒結材料之不良絕緣性質。因此，一部分添加之 Cu 可補償在 A 位點上的瑕疵。該等原料可經秤重以使燒製後之組成物中的相對於 Nb 的 Na 缺乏不超過 5%，及可在該等原料中添加 Cu。

[0044] 當鈣鈦礦型金屬氧化物中之 Cu 含量多於 2 莫耳 % 時，此可導致出現雜質相及低壓電性。

[0045] 根據本發明具體實例之壓電材料可滿足通式 (1) 中 $x < y$ 。相對於 Ti 之 Ba 缺乏是不利的，因其會加速不正常晶粒生長。即使 Cu 佔據 Ba 位點，亦無法產生上述效果，原因係 Cu 具有與 Ba 相同之原子價。在 $x < y$ 之條件下，Cu 在晶格中被作為施體，且可輕易產生其效

果。起始材料可具有 x 小於 y 之此種組成。當 x 大於或等於 y 時，樣本具有非常差之絕緣性質。

[0046] 為了促進根據本發明具體實例之壓電材料的製造或改變根據本發明具體實例之壓電材料的物理性質，Ba 可部分經二價金屬元素（諸如 Sr 或 Ca）取代。同樣的，20 莫耳%或更少之 Nb 可經五價金屬元素（諸如 Ta 或 V）取代。同樣的，20 莫耳%或更少之 Ti 可經 Zr 或 Sn 取代，或 15 莫耳%或更少之 Na 可經 Li 取代。同樣的，至少一種選自 Mn、Ni 及 Zn 之元素可添加至具有通式（1）之鈣鈦礦型金屬氧化物，其中該至少一種元素構成該鈣鈦礦型金屬氧化物的 5 莫耳%或更少。同樣的，可將根據金屬基準之 0.001 重量份或更多以及 4.000 重量份或更少的含有至少一種選自 Si 及 B 之副組分添加至 100 重量份該壓電材料。

[0047] 為了形成根據本發明具體實例之壓電材料的陶瓷（經燒結體），必須製備生粉壓坯。該生粉壓坯係為原粉末之經成形固體。該原粉末可具有高純度。該粉壓坯可藉由單軸壓製、冷靜液均壓、熱靜液均壓、澆鑄及擠製成形而形成。該粉壓坯可從經粒化粉末形成。燒結從經粒化粉末形成之粉壓坯具有該經燒結體的晶粒大小分布傾向於變均勻的優點。

[0048] 壓電材料之原料粉末可藉由任何方法粒化。噴霧乾燥使該經粒化粉末之粒度更均勻。

[0049] 用於粒化之黏合劑可為聚（乙烯醇）

(PVA)、聚(乙烯丁醛)(PVB)或丙烯酸系樹脂。黏合劑之量較佳在每 100 重量份壓電材料的原料粉末為 1 至 10 重量份之範圍內，更佳為 2 至 5 重量份，以提高該粉壓坯密度。

[0050] 該粉壓坯可藉由任何方法燒結。燒結方法之實例包括在電爐中燒結、在燃氣爐中燒結、電加熱、微波燒結法、毫米波燒結及熱等靜壓壓製(HIP)。在電爐或燃氣爐中燒結可在連續爐或批式爐中進行。

[0051] 燒結法中之燒結溫度無特別限制，且可為化合物可反應以充分生長晶體的溫度。該燒結溫度較佳為 1050℃ 或更高以及 1300℃ 或更低，更佳為 1100℃ 或更高以及 1200℃ 或更低，使晶粒大小在 1 至 10 μm 範圍內。在上述溫度範圍中燒結的壓電材料具有令人滿意之壓電性能。為了確保藉由燒結所製造之壓電材料的特徵之重現性及安定性，燒結可在上述範圍內之恆定溫度下進行 2 小時或更久以及 48 小時或更短。雖然亦可進行兩步驟燒結，但不打斷溫度變化之燒結方法可改善生產力。

[0052] 藉由燒結法所產生之壓電材料可經拋光，然後在居里溫度或更高居里溫度下熱處理。在居里溫度或更高居里溫度下熱處理該壓電材料可減緩機械性拋光所形成之該壓電材料的殘留應力，從而改善該壓電材料之壓電性質。該熱處理時間可為但不局限於 1 小時或更久。

[0053] 具有大於 100 μm 之晶粒大小的根據本發明具體實例之壓電材料在裁切程序及拋光加工處理中可能具有

不充足強度。小於 $0.3\ \mu\text{m}$ 之平均晶粒大小造成低壓電性。因此，平均晶粒大小可為 $0.3\ \mu\text{m}$ 或更大以及 $100\ \mu\text{m}$ 或更小。

[0054] 當使用根據本發明具體實例之壓電材料作為在基板上形成的膜時，該壓電材料之厚度理想為 $200\ \text{nm}$ 或更大以及 $10\ \mu\text{m}$ 或更小，及較佳為 $300\ \text{nm}$ 或更大以及 $3\ \mu\text{m}$ 或更小。當該壓電材料膜厚度為 $200\ \text{nm}$ 或更大以及 $10\ \mu\text{m}$ 或更小時，壓電元件具有充足機電轉換功能。

[0055] 該膜可藉由任何方法形成，例如化學溶液沉積法（CSD 法）、溶膠-凝膠法、金屬-有機化學氣相沉積法（MOCVD 法）、濺鍍法、脈衝雷射沉積法（PLD 法）、熱液合成法及氣溶膠沉積法（AD 法）。該膜可藉由化學溶液沉積法或濺鍍法形成。使用化學溶液沉積法或濺鍍法可輕易地增加該膜之面積。用於根據本發明具體實例之壓電材料的基板可為具有經拋光（001）或（110）部分之單晶基板。使用此種具有經特別拋光晶面的單晶基板使得在該基板表面形成之壓電材料膜以相同方向強定向。

（壓電元件）

[0056] 下文將說明使用根據本發明具體實例之壓電材料所製造的壓電元件。

[0057] 圖 1 係根據本發明具體實例之壓電材料的示意圖。該壓電元件包括第一電極 1、壓電材料部分 2 及第二電極 3。該壓電材料部分 2 之壓電材料係根據本發明具

體實例之壓電材料。

[0058] 該壓電材料之壓電性質可藉由至少將第一電極 1 及第二電極 3 附接至該壓電材料部分 2 以形成壓電元件來評估。該第一電極 1 及第二電極 3 各為具有在大約 5 nm 至 10 μm 範圍內的厚度之導電層。該第一電極 1 及第二電極 3 各者之材料無特別限制，且可為壓電元件中常用之任何材料。此等材料之實例包括金屬，諸如 Ti、Pt、Ta、Ir、Sr、In、Sn、Au、Al、Fe、Cr、Ni、Pd、Ag 及 Cu 以及其化合物。

[0059] 該第一電極 1 及第二電極 3 各者可由該等材料之一製成，或可為由該等材料之二或更多種製成的多層。該第一電極 1 之材料可與該第二電極 3 之材料不同。

[0060] 該第一電極 1 及第二電極 3 藉由任何方法製造，例如藉由烘烤金屬糊劑或使用濺鍍程序或氣相沉積法來製造。該第一電極 1 及第二電極 3 可具有所希望之圖案。

[0061] 壓電元件可具有單向極化軸。具有單向極化軸可提高該壓電元件之壓電常數。

[0062] 該壓電元件之極化方法無特別限制。極化處理可在周圍氣氛中或油中進行。極化溫度可在 60°C 至 160°C 之範圍內。用於極化之最佳條件可隨該壓電元件之壓電材料的組成而改變。用於極化處理之電場可大於或等於該材料之矯頑場，以及更特別的是可在 1 至 5 kV/mm 之範圍內。

[0063] 壓電元件之機械品質因數 Q_m 可從根據日本電子資訊技術產業協會 (Japan Electronics and Information Technology Industries Association) 標準 (JEITA EM-4501) 使用市售阻抗分析儀測量的共振頻率及反共振頻率計算。下文將該方法稱為共振-反共振方法。

[0064] 壓電元件之壓電常數可使用 d_{33} 計測量。壓電元件之電阻率可使用半導體參數分析儀測量。壓電元件之介電損失可使用阻抗分析儀測量。

(多層壓電元件)

[0065] 下文將說明使用根據本發明具體實例之壓電材料所製造的多層壓電元件。

[0066] 根據本發明具體實例之多層壓電元件包括於彼此頂部交錯堆疊之壓電材料層及電極層。該等電極層包括內部電極。該等壓電材料層包括根據本發明具體實例之壓電材料。

[0067] 圖 2A 及 2B 係根據本發明具體實例之多層壓電材料的示意橫斷面圖。根據本發明具體實例之多層壓電元件含有壓電材料層 54 及包括內部電極 55 之電極層。該多層壓電元件包括彼此交錯堆疊之壓電材料層 54 及層狀電極。該等壓電材料層 54 係由上述壓電材料製成。該等電極包括外部電極，諸如第一電極 51 及第二電極 53，以及內部電極 55。

[0068] 圖 2A 圖示根據本發明具體實例之多層壓電元件的結構。該多層壓電元件包括在該第一電極 51 與該第二電極 53 之間的層狀體 56。該層狀體 56 包括兩個壓電材料層 54，其中插入內部電極 55。壓電材料層及內部電極之數無特別限制，且可增加，如圖 2B 所示。圖 2B 所示多層壓電元件包括在第一電極 501 與第二電極 503 之間的層狀體。該層狀體包括彼此交錯堆疊之 9 個壓電材料層 504 及 8 個內部電極 505（505a 及 505b）。該多層壓電元件另外包括外部電極 506a 及外部電極 506b 以使該等內部電極彼此連接。

[0069] 內部電極 55 及 505 以及外部電極 506a 及 506b 之大小及形狀可與壓電材料層 54 及 504 之大小及形狀不同。內部電極 55 及 505 以及外部電極 506a 及 506b 各者可由複數個部分形成。

[0070] 內部電極 55 及 505、外部電極 506a 及 506b、第一電極 51 及 501 以及第二電極 53 及 503 各者為具有在大約 5 至 2000 nm 範圍內的厚度之導電層。該等電極各者之材料無特別限制，且可為壓電元件中常用之任何材料。此種材料之實例包括金屬，諸如 Ti、Pt、Ta、Ir、Sr、In、Sn、Au、Al、Fe、Cr、Ni、Pd、Ag 及 Cu 以及其化合物。內部電極 55 及 505 以及外部電極 506a 及 506b 各者可由該等材料之一或其混合物或合金製成，或可為由該等材料之二或更多種製成的多層。該等電極可由不同材料製成。內部電極 55 及 505 可含有是為便宜電極材料之

Ni 及 Cu 中的至少一者。當內部電極 55 及 505 含有 Ni 及 Cu 中之至少一者時，該多層壓電元件可在還原氣氛中烘烤。

[0071] 該多層壓電元件之內部電極 55 及內部電極 505 可含有 Ag 及 Pd。Ag 之重量 M1 對 Pd 之重量 M2 的重量比 $M1/M2$ 較佳係在 $1.5 \leq M1/M2 \leq 9.0$ 之範圍，更佳為 $2.3 \leq M1/M2 \leq 4.0$ 。因內部電極之高燒結溫度，小於 1.5 之重量比 $M1/M2$ 不宜。因內部電極具有島狀結構及不均勻表面，大於 9.0 之重量比 $M1/M2$ 亦不宜。

[0072] 如圖 2B 所示，可將複數個包括內部電極 505 之電極彼此連接以使驅動電壓相同步。例如，經由外部電極 506a 可將該等內部電極 505a 連接至第一電極 501。經由外部電極 506b 可將該等內部電極 505b 連接至第二電極 503。該等電極可藉由任何方法連接。例如，可將電極或用於連接之電線配置在該多層壓電元件的側表面上。或者，可形成通過壓電材料層 504 之通孔，以及可以導電性材料塗覆該通孔內部以連接該等電極。

（液體排出頭）

[0073] 根據本發明具體實例之液體排出頭包括液體室及與該液體室連通之排出口。該液體室具有包括根據本發明具體實例之壓電元件或多層壓電元件的振動部分。從根據本發明具體實例之液體排出頭排出的液體可為任何液體，例如水性液體或非水性液體，諸如水、油墨或燃料。

[0074] 圖 3A 及 3B 係根據本發明具體實例之液體排出頭的示意圖。如圖 3A 及 3B 所示，該液體排出頭包括根據本發明具體實例之壓電元件 101。該壓電元件 101 包括第一電極 1011、壓電材料 1012 及第二電極 1013。該壓電材料 1012 可經圖案化，如圖 3B 所示。

[0075] 圖 3B 為該液體排出頭之示意圖。該液體排出頭包括排出口 105、個別液體室 102、將該等個別液體室 102 連接至排出口 105 之連通孔 106、液體室隔間壁 104、共用液體室 107、膜片 103 及壓電元件 101。雖然圖 3B 中之壓電元件 101 為矩形，但該壓電元件 101 可為其他形狀，諸如橢圓形、圓形或平行四邊形。通常，壓電材料 1012 具有對應於該個別液體室 102 形狀的形狀。

[0076] 下文係參考圖 3A 詳細描述該液體排出頭之壓電元件 101。圖 3A 係圖 3B 之壓電元件的寬度方向之橫斷面圖。雖然壓電元件 101 具有圖 3A 中之矩形橫斷面，但該壓電元件 101 可具有梯形或反梯形橫斷面。圖 3A 中，第一電極 1011 為下方電極，以及第二電極 1013 為上方電極。該第一電極 1011 及第二電極 1013 可以不同方式佈置。例如，該第一電極 1011 可為下方電極或上方電極。同樣的，該第二電極 1013 可為上方電極或下方電極。緩衝層 108 可配置在膜片 103 與下方電極之間。該等不同設計係由用於製造該裝置的方法中之變化所形成，且各例均具有本發明的優點。

[0077] 在液體排出頭中，膜片 103 藉由壓電材料

1012 之擴張及收縮而向上及向下彎曲，從而對個別液體室 102 中之液體施加壓力。此使液體從排出口 105 排出。根據本發明具體實例之液體排出頭可用於列印機及電子裝置之製造。該膜片 103 具有 $1.0\ \mu\text{m}$ 或更大以及 $15\ \mu\text{m}$ 或更小，較佳為 $1.5\ \mu\text{m}$ 或更大以及 $8\ \mu\text{m}$ 或更小之厚度。該膜片之材料無特別限制，且可為 Si。該膜片之 Si 可摻雜硼或磷。該膜片上之緩衝層及電極可構成該膜片。該緩衝層 108 具有 $5\ \text{nm}$ 或更大以及 $300\ \text{nm}$ 或更小，較佳為 $10\ \text{nm}$ 或更大以及 $200\ \text{nm}$ 或更小之厚度。該排出口 105 具有 $5\ \mu\text{m}$ 或更大以及 $40\ \mu\text{m}$ 或更小之平均等效圓直徑。排出口 105 可為圓形、星形、正方形或三角形。

（液體排出設備）

[0078] 下文將說明根據本發明具體實例之液體排出設備。該液體排出設備包括經建構以接收物體之台以及該液體排出頭。

[0079] 該液體排出設備可為噴墨記錄設備，如圖 4 及 5 所示。圖 5 圖示說明圖 4 所示之液體排出設備（噴墨記錄設備）881，但無外部 882 至 885 以及 887。該噴墨記錄設備 881 包括用於將作為轉印媒體之記錄紙張自動饋送至該設備的主體 896 之自動饋送器 897。該噴墨記錄設備 881 另外包括用作經建構以接收物體之台的輸送單元 899（其將記錄紙張從自動饋送器 897 輸送至預定記錄位置以及從該記錄位置輸送至出口 898）、用於在該記錄位

置記錄至該記錄紙的記錄單元 891，以及用於回收該記錄單元 891 之回收單元 890。該記錄單元 891 包括用於容納根據本發明具體實例之液體排出頭的運載器 892。該運載器 892 沿軌道行進。

[0080] 在此種噴墨記錄設備中，該運載器 892 回應於從電腦發出的電信號而沿軌道行進。當將驅動電壓施加至配置在該壓電材料上之電極時，該壓電材料變形。於該變形時，個別液體室 102 係經由圖 3B 所示之膜片 103 受壓電材料加壓，藉此從排出口 105 排出油墨以印刷字符。根據本發明具體實例之液體排出設備以高速均勻地排出液體，以及可縮小尺寸。

[0081] 除了上述列印機之外，根據本發明具體實例之液體排出設備可用於印刷設備，例如噴墨記錄設備，諸如傳真機、多功能裝置及影印機、工業液體排出設備及物體之繪製設備。

[0082] 使用可選擇各種應用之所希望的轉印媒體。該液體排出頭可相對於配置在為安裝部分之台上的轉印媒體移動。

（超音波馬達）

[0083] 根據本發明具體實例之超音波馬達包括振動構件及與該振動構件接觸之移動體。該振動構件包括根據本發明具體實例之壓電元件或多層壓電元件。

[0084] 圖 6A 及 6B 係根據本發明具體實例之超音波

馬達的示意圖。圖 6A 所示之超音波馬達包括根據本發明具體實例之單板壓電元件。超音波馬達包括振盪器 201、藉由壓力彈簧（未圖示）之作用壓在該振盪器 201 之滑動表面的轉子 202，及與該轉子 202 一體成形之輸出軸 203。該振盪器 201 包括金屬彈性環 2011、根據本發明具體實例之壓電元件 2012 及接合該壓電元件 2012 與彈性環 2011 之有機黏著劑（環氧樹脂或氰基丙烯酸酯）2013。

[0085] 雖然圖中未顯示，但壓電元件 2012 包括在第一電極及第二電極之間的壓電材料。當將相位相差 $\pi/2$ 之奇數倍的兩相位之交流電壓施加至根據本發明具體實例的壓電元件時，在振盪器 201 中發生彎曲之行進波，且該振盪器 201 之滑動表面上的點發生橢圓運動。壓在該振盪器 201 之滑動表面的轉子 202 接收來自該振盪器 201 之摩擦力且以與該彎曲之行進波相反方向旋轉。接合至輸出軸 203 之待驅動物體（未圖示）係藉由該轉子 202 之旋轉力驅動。當將電壓施加至該壓電材料時，該壓電材料因橫向壓電效應而擴張及收縮。接合至該壓電元件之彈性體（諸如金屬）隨著該壓電材料之擴張及收縮而彎曲。本文所述之超音波馬達利用此原理。

[0086] 圖 6B 圖示包括多層壓電元件之超音波馬達。振盪器 204 包括在管狀金屬彈性體 2041 中之多層壓電元件 2042。該多層壓電元件 2042 包括複數個層狀壓電材料（未圖示）以及包括在該等層狀壓電材料之外表面上的第一電極及第二電極，及在該等層狀壓電材料內之內部電

極。該金屬彈性體 2041 係以螺栓緊固以固持該壓電元件 2042，從而構成該振盪器 204。當施加具有不同相位之交流電壓至該壓電元件 2042 時，該振盪器 204 造成兩個彼此垂直之振盪。這兩個振盪係同步化以形成用於驅動該振盪器 204 尖端的圓形振盪。振盪器 204 在其上方部分具有環形槽。該環形槽增加用於驅動之振盪位移。轉子 205 係藉由壓力彈簧 206 之作用而壓在該振盪器 204 上，並接收用於驅動之摩擦力。轉子 205 係被軸承以可旋轉方式支撐。

（光學設備）

[0087] 下文說明根據本發明具體實例之光學設備。該光學設備含有包括上述超音波馬達之驅動單元。

[0088] 圖 7A 及 7B 係是為根據本發明具體實例之光學設備的單透鏡反射式相機之可交換透鏡鏡筒的橫斷面圖。圖 8 係是為根據本發明具體實例之光學設備的單透鏡反射式相機之可交換透鏡鏡筒的分解透視圖。固定鏡筒 712、直線引導鏡筒 713 及前透鏡群鏡筒 714 係固定至該相機之可移除座 711。該等組件係該可交換透鏡鏡筒之固定構件。

[0089] 該直線引導鏡筒 713 具有用於在光軸方向上之對焦透鏡 702 的直線引導槽 713a。該對焦透鏡 702 係由後透鏡群鏡筒 716 支撐。以徑向方向向外突出之凸輪滾子 717a 及 717b 係以螺絲 718 固定至該後透鏡群鏡筒

716。該凸輪滾子 717a 配接於該直線引導槽 713a。

[0090] 凸輪環 715 以可旋轉方式配接於該直線引導鏡筒 713 之內周。固定至凸輪環 715 之滾子 719 被直線引導鏡筒 713 之環形槽 713b 扣住，從而限制在光軸方向中該直線引導鏡筒 713 與該凸輪環 715 的相對位移。該凸輪環 715 具有對焦透鏡 702 之凸輪槽 715a。該凸輪滾子 717b 亦配接於該凸輪槽 715a。

[0091] 旋轉傳遞環 720 係由在固定鏡筒 712 周圍上之固定位置的滾珠座圈 727 以可旋轉方式固持。被驅動滾子 722 係藉由從該旋轉傳遞環 720 徑向延伸的軸 720f 以可旋轉方式固持。該被驅動滾子 722 之大直徑部分 722a 係與手動對焦環 724 之座側端面 724b 接觸。該被驅動滾子 722 之小直徑部分 722b 係與接頭 729 接觸。六個被驅動滾子 722 係以規則間隔配置在該旋轉傳遞環 720 之周圍。每一被驅動滾子 722 均滿足上述結構關係。

[0092] 低摩擦片（墊圈構件）733 係配置在該手動對焦環 724 之內部。該低摩擦片 733 係配置在該固定鏡筒 712 之座側端面 712a 與該手動對焦環 724 之前端面 724a 之間。該低摩擦片 733 具有直徑與該手動對焦環 724 之內徑 724c 配適的圓形外表面。該手動對焦環 724 之內徑 724c 亦配適於該固定鏡筒 712 之外部分直徑 712b。該低摩擦片 733 可減少其中手動對焦環 724 繞光軸相對於固定鏡筒 712 旋轉之旋轉環構件中的摩擦。

[0093] 因波狀墊圈 726 將該超音波馬達 725 向前壓

至該透鏡前面，故該被驅動滾子 722 之大直徑部分 722a 係壓在該手動對焦環 724 之座側端面 724b。同樣的，因波狀墊圈 726 將該超音波馬達 725 向前壓至該透鏡前面，故該被驅動滾子 722 之小直徑部分 722b 係壓在接頭 729 上。該波狀墊圈 726 係藉由墊圈 732 卡口連接至該固定鏡筒 712 而防止朝該座移動。該波狀墊圈 726 之彈簧力（推進力）係傳遞至該超音波馬達 725 以及該被驅動滾子 722，且進一步將該手動對焦環 724 壓在該固定鏡筒 712 之座側端面 712a。換言之，該手動對焦環 724 係經由該低摩擦片 733 而壓在該固定鏡筒 712 之座側端表面 712a。

[0094] 如此，當該超音波馬達 725 係藉由控制單元（未圖示）相對於該固定鏡筒 712 旋轉時，因該接頭 729 係與該被驅動滾子 722 的小直徑部分 722b 摩擦接觸，該被驅動滾子 722 繞該軸 720f 旋轉。該被驅動滾子 722 繞軸 720f 旋轉造成該旋轉傳遞環 720 繞光軸旋轉（自動對焦）。

[0095] 當手動輸入單元（未圖示）對該手動對焦環 724 提供將繞光軸之旋轉力時，由於該手動對焦環 724 之座側端面 724b 係壓在該被驅動滾子 722 之大直徑部分 722a 上，故該被驅動滾子 722 因摩擦力而繞該軸 720f 旋轉。該被驅動滾子 722 之大直徑部分 722a 繞軸 720f 旋轉造成該旋轉傳遞環 720 繞光軸旋轉。然而，因轉子 725c 與定子 725b 之間的摩擦力緣故，該超音波馬達 725 不旋

轉（手動對焦）。

[0096] 該旋轉傳遞環 720 係設有兩個彼此相對之對焦鍵 728。該等對焦鍵 728 配接至該凸輪環 715 尖端的凹口 715b 中。當進行自動對焦或手動對焦時，該旋轉傳遞環 720 係繞光軸旋轉，且該旋轉力係經由該對焦鍵 728 傳遞至該凸輪環 715。當該凸輪環 715 係繞光軸旋轉時，該凸輪滾子 717b 使受該直線引導槽 713a 限制之凸輪滾子 717a 及後群透鏡鏡筒 716 沿著凸輪環 715 的凸輪槽 715a 前或後移動。此驅動該對焦透鏡 702 並使得進行對焦。

[0097] 雖然已參考單透鏡反射式相機之可交換透鏡鏡筒描述根據本發明具體實例之光學設備，但該光學設備亦可應用於在驅動單元中包括超音波馬達之光學設備，例如相機，諸如小型相機、電子磁卡相機（electronic still camera）及包括相機之個人數位助理。

（振動設備及除塵裝置）

[0098] 用於輸送或移除粒子、粉末及液滴之振動設備係廣泛用於電子設備。

[0099] 作為根據本發明之振動設備的實例，下文將描述包括根據本發明具體實例之壓電元件的除塵裝置。根據本發明具體實例之振動設備包括振動構件，該振動構件包括上述配置在膜片上之壓電元件或多層壓電元件。該除塵裝置含有包括上述振動設備之振動部分。

[0100] 圖 9A 及 9B 係根據本發明具體實例之除塵裝

置 310 之示意圖。該除塵裝置 310 包括壓電元件 330 板及膜片 320。該壓電元件 330 可為根據本發明具體實例之多層壓電元件。該膜片 320 可由任何材料製成。當該除塵裝置 310 係用於光學裝置時，該膜片 320 可由半透明或透明材料或反光材料製成。

[0101] 圖 10A 至 10C 係圖 9A 及 9B 中所示之壓電元件 330 的示意圖。圖 10A 及 10C 圖示該壓電元件 330 之前側及後側。圖 10B 為該壓電元件 330 之側視圖。如圖 9A 及 9B 所示，該壓電元件 330 包括壓電材料 331、第一電極 332 及第二電極 333。該第一電極 332 及該第二電極 333 係配置在該壓電材料 331 之相對側上。如圖 9A 及 9B，該壓電元件 330 可為根據本發明具體實例之多層壓電元件。該例中，壓電材料 331 包括彼此交錯堆疊之壓電材料層及內部電極。該等內部電極係交替連接至該第一電極 332 及該第二電極 333，從而使該等壓電材料層交錯具有不同相位之驅動波形。如圖 10C 所示，該壓電元件 330 之配置有該第一電極 332 的表面係稱為第一電極表面 336。如圖 10A 所示，該壓電元件 330 之配置有該第二電極 333 的表面係稱為第二電極表面 337。

[0102] 本文所使用之術語「電極表面」係指於其上配置電極之壓電元件的表面。例如，如圖 10B 所示，該第一電極 332 可繞角落拐彎並延伸至第二電極表面 337。

[0103] 如圖 9A 及 9B 所示，該壓電元件 330 之第一電極表面 336 係接合至該膜片 320。該壓電元件 330 之致

動在該壓電元件 330 與該膜片 320 之間產生應力，造成該膜片 320 上的面外振盪。該除塵裝置 310 藉由面外振盪之作用而移除該膜片 320 上的外來物質，諸如粉塵。本文所使用之術語「面外振盪」係指造成膜片在光軸方向或該膜片厚度方向的位移之彈性振盪。

[0104] 圖 11A 及 11B 係圖示該除塵裝置 310 之振動原理的示意圖。圖 11A 中，將同相交流電壓施加至該等壓電元件 330 之左右對以造成膜片 320 之面外振盪。構成該等壓電元件 330 之左右對的壓電材料之極化方向與該等壓電元件 330 之厚度方向相同。該除塵裝置 310 係以第七振盪模式驅動。圖 11B 中，將反相交流電壓施加至該等壓電元件 330 之左右對以造成膜片 320 之面外振盪。該除塵裝置 310 係以第六振盪模式驅動。該除塵裝置 310 可使用至少兩個振盪模式以有效移除該膜片表面上之粉塵。

（攝像設備）

[0105] 下文說明根據本發明具體實例之攝像設備。該攝像設備包括該除塵裝置及攝像元件單元，其中該除塵裝置包括在該攝像元件單元之光接收表面上的膜片。圖 12 及 13 圖示數位單透鏡反射式相機，該數位單透鏡反射式相機係根據本發明具體實例之攝像設備。

[0106] 圖 12 係從物體側觀看之相機的主體 601 之前透視圖。成像透鏡單元已移除。圖 13 係該相機內部之分解透視圖，其圖示根據本發明具體實例之除塵裝置周圍結

構及攝像單元 400。

[0107] 該相機的主體 601 包括通過攝像透鏡之影像光束被導引至其中之反光鏡箱 605。該反光鏡箱 605 包括主要反光鏡（快速復位反光鏡）606。該主要反光鏡 606 可與光軸形成 45 度角以將影像光束導至五稜反光鏡（penta roof mirror）（未圖示），或可避免該影像光束以將該影像光束導至攝像元件（未圖示）。

[0108] 該反光鏡箱 605 及快門單元 200 係依此順序從物體側配置在該相機主體 601 之主體框架 300 的前側。該攝像單元 400 係配置在主體框架 300 之攝影師側。安裝攝像單元 400 使該攝像元件之攝像表面係以距附接有成像透鏡單元之座 602 的表面預定距離並與之平行的方式配置。

[0109] 該攝像單元 400 包括除塵裝置之振動組件及攝像元件單元。該除塵裝置之振動組件係配置在與該攝像元件單元之光接收表面相同軸上。

[0110] 雖然已描述數位單透鏡反射式相機作為根據本發明具體實例之攝像設備，但該攝像設備可為可交換透鏡相機，諸如不具反光鏡箱 605 之無反光鏡數位可交換透鏡相機。在各種攝像設備及包括攝像設備之電氣電子裝備（諸如可交換透鏡錄影機、影印機、傳真機及掃描器）當中，根據本發明具體實例之攝像設備特別可應用於需要移除沉積在光學組件表面上之粉塵的裝置。

（電子裝備）

[0111] 下文將說明根據本發明具體實例之電子裝備。該電子裝備含有包括根據本發明具體實例之壓電元件或多層壓電元件的壓電音響組件。該壓電音響組件可為揚聲器、蜂鳴器、麥克風或表面聲波（SAW）裝置。

[0112] 圖 14 係是為根據本發明具體實例之電子裝備的數位相機之主體 931 的透視圖。光學裝置 901、麥克風 914、電子閃光單元 909 及補充光單元 916 係配置在該主體 931 之前表面上。該麥克風 914 係配置在該主體內且以虛線表示。用於捕捉外部聲音之開口係配置在該麥克風 914 前方。

[0113] 電源開關 933、揚聲器 912、縮放桿 932 及用於對焦之釋放鈕 908 係配置於該主體 931 的頂表面上。該揚聲器 912 係配置在該主體 931 內且以虛線表示。使聲音傳送至外部之開口係配置在該揚聲器 912 前方。

[0114] 該壓電音響組件可用於麥克風 914、揚聲器 912 及表面聲波裝置其中至少一者。

[0115] 雖然已描述數位相機作為根據本發明具體實例之電子裝備，但該電子裝備亦可應用於包括壓電音響組件的電子裝備，諸如聲音重現裝置、聲音記錄裝置、行動電話及資訊終端機。

[0116] 如前文描述，根據本發明具體實例之壓電元件及多層壓電元件適用於液體排出頭、液體排出設備、超音波馬達、光學設備、振動設備、除塵裝置、攝像設備及

電子裝備。使用根據本發明具體實例之壓電元件或多層壓電元件所製造的液體排出頭可具有比使用含鉛壓電元件所製造的液體排出頭更高或相等之噴嘴密度及排出速度。

[0117] 使用根據本發明具體實例之液體排出頭所製造的液體排出設備可具有比使用含鉛壓電元件所製造的液體排出設備更高或相等之排出速度及排出精確性。使用根據本發明具體實例之壓電元件或多層壓電元件所製造的超音波馬達可具有比使用含鉛壓電元件所製造的超音波馬達更高或相等之驅動力及耐久性。

[0118] 使用根據本發明具體實例之超音波馬達所製造的光學設備可具有比使用含鉛壓電元件所製造的光學設備更高或相等之耐久性及操作精確性。

[0119] 使用根據本發明具體實例之壓電元件或多層壓電元件所製造的振動設備可具有比使用含鉛壓電元件所製造的超音波馬達更高或相等之振動能力及耐久性。

[0120] 使用根據本發明具體實例之振動設備所製造的除塵裝置可具有比使用含鉛壓電元件所製造的除塵裝置更高或相等之除塵效率及耐久性。

[0121] 使用根據本發明具體實例之除塵裝置所製造的攝像設備可具有比使用含鉛壓電元件所製造的攝像設備更高或相等之除塵功能。

[0122] 包括根據本發明具體實例之壓電元件或多層壓電元件的壓電音響組件可用以提供聲音產生能力高於或等於使用含鉛壓電元件所製造的電子裝備之電子裝備。

[0123] 根據本發明具體實例之壓電材料可用於超音波轉換器、壓電致動器、壓電感測器及鐵電記憶體，以及液體排出頭及馬達。

實施例

[0124] 雖然在以下實例中進一步描述根據本發明具體實例之壓電材料，但本發明不局限於該等實例。

（實施例 1 至 42 及對照實例 1 至 9）

[0125] 表 1 顯示實施例 1 至 42 之壓電材料及本發明對照實例 1 至 9 之經燒結體的組成。

[0126]

[表1]

樣本	RE	x'	x	y	z (莫耳%)	w (莫耳%)
對照實施例1	無	0.88	0.86	0.88	0	0
實施例 1	La	0.88	0.86	0.88	0.25	0.50
實施例 2	La	0.88	0.86	0.88	0.75	0.50
實施例 3	La	0.88	0.86	0.88	5.00	0.50
對照實施例2	La	0.88	0.86	0.88	6.00	0.50
對照實施例3	La	0.80	0.75	0.80	0.75	0.50
實施例 4	La	0.85	0.80	0.85	0.75	0.50
實施例 5	La	0.88	0.86	0.85	0.75	0.50
實施例 6	La	0.95	0.93	0.95	0.75	0.50
實施例 7	La	0.88	0.86	0.88	0.25	0
實施例 8	La	0.88	0.86	0.88	0.25	0.20
實施例 9	La	0.88	0.86	0.88	0.25	2.00
對照實施例4	La	0.97	0.95	0.97	0.75	0.50
實施例 10	Nd	0.88	0.86	0.88	0.25	0.50
實施例 11	Nd	0.90	0.88	0.90	0.75	0.50
實施例 12	Sm	0.88	0.86	0.88	0.25	0.50
實施例 13	Sm	0.90	0.88	0.90	0.75	0.50
實施例 14	Dy	0.88	0.86	0.88	0.25	0.50
實施例 15	Dy	0.88	0.86	0.88	0.75	0.50
實施例 16	Dy	0.88	0.86	0.88	2.00	0.50
對照實施例5	Dy	0.88	0.86	0.88	6.00	0.50
對照實施例6	Dy	0.80	0.75	0.80	0.75	0.50
對照實施例7	無	0.85	0.80	0.85	0.00	0.00
實施例 17	Dy	0.85	0.80	0.85	0.75	0.50
實施例 18	Dy	0.88	0.86	0.85	0.75	0.50
實施例 19	Dy	0.95	0.93	0.95	0.75	0.50
實施例 20	Dy	0.88	0.86	0.88	0.25	0
實施例 21	Dy	0.88	0.86	0.88	0.25	0.20
實施例 22	Dy	0.88	0.86	0.88	0.25	2.00
對照實施例8	無	0.90	0.89	0.90	0.00	0.50
對照實施例9	Dy	0.97	0.95	0.97	0.75	0.00
實施例 23	Pr	0.88	0.86	0.88	0.25	0.50
實施例 24	Pr	0.90	0.88	0.90	0.75	0.50
實施例 25	Eu	0.88	0.86	0.88	0.25	0.50
實施例 26	Eu	0.90	0.88	0.90	0.75	0.50
實施例 27	Gd	0.88	0.86	0.88	0.25	0.50
實施例 28	Gd	0.90	0.88	0.90	0.75	0.50
實施例 29	Tb	0.88	0.86	0.88	0.25	0.50
實施例 30	Tb	0.90	0.88	0.90	0.75	0.50
實施例 31	Pm	0.88	0.86	0.88	0.25	0.50
實施例 32	Pm	0.90	0.88	0.90	0.75	0.50
實施例 33	Tm	0.88	0.86	0.88	0.25	0.50
實施例 34	Tm	0.90	0.88	0.90	0.75	0.50
實施例 35	Ho	0.88	0.86	0.88	0.25	0.50
實施例 36	Ho	0.90	0.88	0.90	0.75	0.50
實施例 37	Er	0.88	0.86	0.88	0.25	0.50
實施例 38	Er	0.90	0.88	0.90	1.50	0.50
實施例 39	Yb	0.88	0.86	0.88	0.25	0.50
實施例 40	Yb	0.90	0.88	0.90	1.50	0.50
實施例 41	Lu	0.88	0.86	0.88	0.25	0.50
實施例 42	Lu	0.90	0.88	0.90	1.50	0.50

[0127] 原料包括純度為至少 99 % 之銕酸鈉 (NaNbO_3)、純度為 99.95 % 之碳酸鋇 (BaCO_3)、純度為至少 99 % 之鈦酸鋇 (BaTiO_3)、純度為 99.9 % 之氧化銅 (Cu(II)O) 及純度為 99 % 之碳酸鈉 (Na_2CO_3) 的粉末。以 RE_2O_3 (RE 表示選自下列之至少一種元素：La、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb 及 Lu) 表示之稀土材料為純度至少 99 % 的粉末。

[0128] 秤重該等原料以使該壓電材料之組成包括具有通式 (1) 之鈣鈦礦型金屬氧化物：
 $(\text{Na}_x\text{Ba}_{1-y})(\text{Nb}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ (其中 $0.80 \leq x \leq 0.95$ ，及 $0.85 \leq y \leq 0.95$)，稀土元素 (RE) ($0 \leq z \leq 5$ 莫耳%)，及 Cu ($0 \leq w \leq 2$ 莫耳%)，如表 1 中之 x、y、z 及 w 所示。
 在球磨機中混合該等原粉末 12 小時。

[0129] 更特別的是，在實施例 1 中，將該等原料混合以使 La (z) 含量對應於 0.25 莫耳%之具有通式 (1) 的鈣鈦礦型金屬氧化物： $(\text{Na}_x\text{Ba}_{1-y})(\text{Nb}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ ($x = 0.86$ 及 $y = 0.88$)。La 之原料為純度至少 99 % 之 La_2O_3 。實施例 1 中之 0.25 莫耳%的 La 含量意指每莫耳該具有通式 (1) 之鈣鈦礦型金屬氧化物 (171.75 g) 的 La_2O_3 之重量為 0.815 g (0.695 g 之 La)。又在實施例 1 中，將該等原料混合以使 Cu (w) 含量對應於 0.50 莫耳%之鈣鈦礦型金屬氧化物。Cu 原料為純度 99.9 % 之氧化銅 (Cu(II)O)。實施例 1 中之 0.50 莫耳%的 Cu 含量意指每莫耳該具有通式 (1) 之鈣鈦礦型金屬氧化物 (171.75

g) 的氧化銅之重量為 0.398 g (0.317 g 之 Cu) 。

[0130] 該混合粉末係在周圍氣氛中於 900℃ 至 1100℃ 範圍內之溫度下煅燒 2 至 5 小時。將該經煅燒粉末粉碎並使用 PVB 黏合劑使之粒化。該 PVB 黏合劑之重量對應於該經煅燒粉末重量的 3 重量%。將經粒化粉末裝入模中，並在 200 MPa 之壓力下壓製，獲得直徑為 17 mm 且厚度為大約 1 mm 之粉壓坯。該粉壓坯係在空氣中於 1150℃ 至 1300℃ 範圍內之溫度下燒製 2 至 6 小時以獲得經燒結體。

[0131] 經燒結體之密度係使用阿基米德原理測量，並計算相對密度。該等實施例及對照實例之經燒結體具有 94% 或更大之相對密度。在根據本發明之樣本當中，含有 Cu 之樣本的密度比具有相同組成但不含 Cu 之樣本的密度高 1% 至 3%。添加 Cu 使煅燒及燒製溫度降低 50℃ 至 100℃。

[0132] 將經燒結體拋光至厚度為大約 0.5 mm。該經拋光之經燒結體或該經拋光之經燒結體的粉末之組成相及晶格常數係藉由 X 射線繞射測定。該 X 射線繞射顯示該等樣本實質上由該鈣鈦礦結構之單一相構成。

[0133] 藉由感應耦合電漿發射光譜法 (ICP) 分析該經燒結體之組成。表 1 顯示通式 (1) 之 x 及 y 以及 RE (z) 及 Cu (w) 的結果。表 1 中之 x 值代表經燒結體中的 Na 之莫耳比。x' 值代表原料中之 Na 的莫耳比。

[0134] 表 1 中之 x 值表示 Na 的莫耳比。在所有樣本

中，Na 之莫耳比低於預測值。除 Na 以外之元素具有該預期組成。除了實施例 5 及 18 以外，Na (x) 對 Nb (y) 之莫耳比 (x/y) 在 94% 至 98% 範圍內，此表示 Na 缺乏。Cu 含量低，因此表 1 中之測量誤差為 $\pm 50\%$ 。該經燒結體之晶粒大小係經由使用光學顯微鏡或電子顯微鏡觀察來測定。

[0135] 使用電子顯微鏡測量時，該經燒結體具有在 2 至 50 μm 範圍內之平均晶粒大小。

[0136] 該經燒結體中之 Cu 分布係藉由能量色散 X 射線光譜術檢測。大部分添加之 Cu 係分布在晶界中，小部分 Cu 存在晶粒中。

[0137] 為了檢測電特徵（諸如壓電性質及絕緣電阻），使用根據實施例 1 至 42 之壓電材料製造壓電元件。首先，為了減緩經拋光之經燒結體中的應力及去除該經拋光之經燒結體表面上的有機物質組分，該經拋光之經燒結體係在空氣中於 400°C 至 500°C 範圍內的溫度下熱處理 30 分鐘。藉由 DC 濺鍍在該經拋光之經燒結體的前及後側上形成具有 400 nm 厚度之金電極。在該電極及該經燒結體之間形成具有 30 nm 厚度之鈦膜作為黏著層。裁切具有該電極之經燒結體以製備長度為 10 mm、寬度為 2.5 mm 且厚度為 0.5 mm 之板狀壓電元件。

[0138] 電阻率係使用半導體參數分析儀測量。將數十至百伏特之直流電壓施加至一樣本，並在開始施加電壓後 30 秒測量電阻。從所量得之電阻及該樣本之尺寸計算

電阻率。當電阻率為 $30 \text{ G}\Omega\cdot\text{cm}$ 或更大時，較佳係 $100 \text{ G}\Omega\cdot\text{cm}$ 或更大時，該壓電材料及該壓電元件具有令人滿意之實際絕緣性質。

[0139] 極化處理係在評估壓電性質之前進行。更特別的是，將在 1.5 至 5 kV/mm 範圍內之電壓施加至在 150°C 之油浴中的樣本為時 30 分鐘，並在維持該電壓的同時將該樣本冷卻至室溫。

[0140] 該板狀壓電元件之機械品質因數 Q_m 係使用共振-反共振方法測量。以 Berlincourt d_{33} 計測量該樣本之壓電常數 (d_{33})。介電損失係使用阻抗分析儀在 -20°C 之環境測試箱中測量。測量頻率為 1 kHz ，施加之交流電壓為 500 mV 。測量係在極化處理之後進行。從室溫開始測量相對介電常數之溫度相依性。相對介電常數之改變係在將樣本從室溫冷卻至 -100°C 然後加熱至 350°C 時測量。從最大相對介電常數計算居里溫度。該等樣本具有 150°C 或更高之居里溫度。

[0141] 表 2 顯示樣本之評估結果。

[0142]

[表2]

樣本	壓電常數 d_{33} (pC/N)	機械品質因數 Q_m (-)	電阻率 (GΩ·cm)	介電損失 (%)
對照實施例1	145	170	5	1.5
實施例 1	151	301	115	0.8
實施例 2	140	310	220	0.6
實施例 3	102	318	291	0.5
對照實施例2	75	304	230	0.5
對照實施例3	95	291	7	1.1
實施例 4	117	300	101	0.6
實施例 5	108	298	35	0.9
實施例 6	101	303	106	0.6
實施例 7	125	180	34	0.8
實施例 8	138	225	119	0.9
實施例 9	131	412	330	0.7
對照實施例4	86	306	260	0.6
實施例 10	148	287	118	0.8
實施例 11	137	295	198	0.6
實施例 12	150	288	116	0.8
實施例 13	136	302	201	0.6
實施例 14	149	298	113	0.8
實施例 15	137	305	212	0.6
實施例 16	109	309	288	0.5
對照實施例5	74	298	215	0.5
對照實施例6	91	274	8	1.2
對照實施例7	92	264	14	1.5
實施例 17	114	296	103	0.6
實施例 18	106	296	34	0.9
實施例 19	101	303	106	0.6
實施例 20	121	178	35	0.8
實施例 21	136	214	114	0.9
實施例 22	129	407	326	0.7
對照實施例8	92	351	16	1.4
對照實施例9	84	303	254	0.6
實施例 23	128	265	121	0.7
實施例 24	116	271	198	0.7
實施例 25	135	315	118	0.7
實施例 26	124	298	201	0.6
實施例 27	136	301	121	0.7
實施例 28	121	277	206	0.6
實施例 29	125	266	125	0.8
實施例 30	120	305	203	0.7
實施例 31	133	296	114	0.8
實施例 32	120	322	199	0.7
實施例 33	134	288	118	0.6
實施例 34	117	314	215	0.6
實施例 35	129	275	122	0.5
實施例 36	116	302	224	0.4
實施例 37	132	265	136	0.5
實施例 38	108	302	235	0.4
實施例 39	127	297	141	0.5
實施例 40	105	309	248	0.4
實施例 41	124	281	142	0.5
實施例 42	102	306	251	0.4

(根據實施例 1 至 42 之壓電材料及壓電元件的評估)

[0143] 比較根據實施例 1 至 42 之樣本與根據對照實施例 1 至 9 之樣本。

[0144] 不含稀土元素及 Cu 之對照實施例 1 具有低電阻及明顯的介電損失。La 含量為 6 莫耳%的對照實施例 2 具有低於 100 pC/N 之壓電常數 d_{33} 。

[0145] x 低至 0.75 之對照實施例 3 具有低電阻及明顯的介電損失。

[0146] y 大至 0.97 之對照實施例 4 具有低於 100 pC/N 之壓電常數 d_{33} 。

[0147] Dy 含量為 6 莫耳%的對照實施例 5 具有低於 100 pC/N 之壓電常數 d_{33} 。

[0148] x 低至 0.75 之對照實施例 6 具有低電阻及明顯的介電損失。

[0149] 不含稀土元素之對照實施例 7 及 8 具有低電阻及明顯的介電損失。

[0150] y 大至 0.97 之對照實施例 9 具有低於 100 pC/N 之壓電常數 d_{33} 。

[0151] 根據實施例之所有樣本均具有 100 pC/N 或更高之壓電常數 d_{33} 、高於 30 GΩ·cm 之電阻率及低於 1.0% 之介電損失。根據除了不含 Cu 之實施例 7 及 20，以及 x 大於 y 之實施例 5 及 18 以外的實施例之樣本具有高於 100 GΩ·cm 之電阻率。

[0152] 實施例 7 及 8 之比較顯示於壓電陶瓷中添加

Cu 提高樣本的壓電常數、機械品質因數 Q_m 及電阻率。

(實施例 43)

[0153] 如下述秤重對應於實施例 1 之原料。

[0154] 秤重碳酸鈉 (Na_2CO_3)、氧化鈮 (Nb_2O_5)、鈦酸鋇 (BaTiO_3)、氧化釷 (La_2O_3) 及氧化銅 (CuO) 之粉末以使 Na、Nb、Ba、Ti、La 及 Cu 滿足表 1 所述之實施例 1 的組成。在球磨機中混合經秤重之原粉末一夜，並在 1000°C 至 1100°C 範圍內之溫度下煅燒以產生經煅燒粉末。將該經煅燒粉末與溶劑、黏合劑 (PVB) 及塑化劑 (鄰苯二甲酸二丁酯) 混合以製備漿體。使用刮刀法將該漿體形成具有 $50\text{ }\mu\text{m}$ 厚度之生片材。

[0155] 將用於內部電極之導電性糊劑施加至該生片材。該導電性糊劑為 70% Ag-30% Pd 合金 ($\text{Ag/Pd} = 2.33$) 糊劑。堆疊 9 個施加有該導電性糊劑之生片材並在 1150°C 下燒製 5 小時以產生經燒結體。將該經燒結體切成 $10\text{ mm}\times 2.5\text{ mm}$ 之小塊。拋光該小塊之側表面。藉由 Au 濺鍍形成一對用於交替連接內部電極之外部電極 (第一電極及第二電極)。如此，製造如圖 2B 所示之多層壓電元件。

[0156] 該多層壓電元件之內部電極的觀察顯示該電極材料 Ag-Pd 及壓電材料係彼此交錯堆疊。

[0157] 在評估壓電性之前，對樣本進行極化處理。更特別的是，在油浴中將該樣本加熱至 150°C 。在該第一

電極及第二電極之間施加 2 kV/mm 之電壓 30 分鐘的同時，將該樣本冷卻至室溫。

[0158] 該多層壓電元件之壓電性的評估顯示該多層壓電元件具有令人滿意之絕緣性質及具有與根據實施例 1 之壓電材料相似的令人滿意之壓電性質。

(實施例 44)

[0159] 秤重鈮酸鈉 (NaNbO_3)、鈦酸鋇 (BaTiO_3)、氧化釷 (La_2O_3) 及氧化銅 (CuO) 之粉末以使 Na、Nb、Ba、Ti、La 及 Cu 滿足表 1 所述之實施例 2 的組成。在球磨機中混合經秤重之原粉末一夜，並在 1000°C 至 1100°C 範圍內之溫度下煅燒以產生經煅燒粉末。

[0160] 將該經煅燒粉末與溶劑、黏合劑 (PVB) 及塑化劑 (鄰苯二甲酸二丁酯) 混合以製備漿體。使用刮刀法將該漿體形成具有 50 μm 厚度之生片材。將用於內部電極之導電性糊劑施加至該生片材。該導電性糊劑為 Ni 糊劑。堆疊 9 個施加有該導電性糊劑之生片材並熱壓之。

[0161] 在管式爐中燒製該經熱壓之層狀體。在周圍氣氛中將該經熱壓之層狀體燒製係高達 300°C 之溫度以去除黏合劑，然後在還原氣氛 ($\text{H}_2:\text{N}_2 = 2:98$ ，氧濃度為 2×10^{-6} Pa) 中於 1200°C 下保持 5 小時。在冷卻至室溫期間，在 1000°C 或更低之溫度下該氧濃度係提高至 30 Pa。

[0162] 將該經燒結體切成 10 mm×2.5 mm 之小塊。拋光該小塊之側表面。藉由 Au 濺鍍形成一對用於交替連接

內部電極之外部電極（第一電極及第二電極）。如此，製造如圖 2B 所示之多層壓電元件。

[0163] 該多層壓電元件之內部電極的觀察顯示該電極材料（電極層）Ni 及壓電材料層係彼此交錯堆疊。將 2 kV/mm 之電場添加至在 150°C 油浴中之多層壓電元件為時 30 分鐘以進行極化處理。該多層壓電元件之壓電性質的評估顯示該多層壓電元件具有令人滿意之絕緣性質及具有與根據實施例 2 之壓電元件相似的令人滿意之壓電性質。

（實施例 45）

[0164] 圖 3A 及 3B 所示之液體排出頭係使用根據實施例 14 之壓電元件製造。油墨係回應於電信號之輸入而排出。

（實施例 46）

[0165] 圖 4 所示之液體排出設備係使用根據實施例 45 之液體排出頭製造。油墨係回應於電信號之輸入而排出且沉積在記錄媒體上。

（實施例 47）

[0166] 圖 6A 所示之超音波馬達係使用根據實施例 14 之壓電元件製造。當施加交流電壓時，該馬達旋轉。

（實施例 48）

[0167] 圖 7A 及 7B 所示之光學設備係使用根據實施例 47 之超音波馬達製造。當施加交流電壓時，觀察到自動對焦。

(實施例 49)

[0168] 圖 9A 及 9B 所示之除塵裝置係使用根據實施例 14 之壓電元件製造。在分散塑膠珠之後施加交流電壓時，觀察到令人滿意之除塵效率。

(實施例 50)

[0169] 圖 12 所示之攝像設備係使用根據實施例 49 之除塵裝置製造。攝像單元表面上之粉塵係令人滿意地移除，且獲得無粉塵瑕疵的影像。

(實施例 51)

[0170] 圖 3A 及 3B 所示之液體排出頭係使用根據實施例 43 及 44 之多層壓電元件製造。油墨係回應於電信號之輸入而排出。

(實施例 52)

[0171] 圖 4 所示之液體排出設備係使用根據實施例 51 之液體排出頭製造。油墨係回應於電信號之輸入而排出且沉積在記錄媒體上。

(實施例 53)

[0172] 圖 6B 所示之超音波馬達係使用根據實施例 43 及 44 之多層壓電元件製造。當施加交流電壓時，該等馬達旋轉。

(實施例 54)

[0173] 圖 7A 及 7B 所示之光學設備係使用根據實施例 53 之超音波馬達製造。當施加交流電壓時，觀察到自動對焦。

(實施例 55)

[0174] 圖 9A 及 9B 所示之除塵裝置係使用根據實施例 43 及 44 之多層壓電元件製造。在分散塑膠珠之後施加交流電壓時，觀察到令人滿意之除塵效率。

(實施例 56)

[0175] 圖 12 所示之攝像設備係使用根據實施例 55 之除塵裝置製造。攝像單元表面上之粉塵係令人滿意地移除，且獲得無粉塵瑕疵的影像。

(實施例 57)

[0176] 圖 14 所示之電子裝備係使用根據實施例 43 及 44 之多層壓電元件製造。當施加交流電壓時，揚聲器操作。

[0177] 雖然已參考範例具體實例描述本發明，但應瞭解本發明不限於所揭示之範例具體實例。以下申請專利範圍應被授予最廣義解釋以包括所有此等修改及等效結構及功能。

工業應用性

[0178] 根據本發明具體實例之壓電材料即使在高環境溫度下亦具有令人滿意之壓電性。根據本發明具體實例之壓電材料不含鉛且可降低環境負荷。因此，根據本發明具體實例之壓電材料亦可有效率地用於使用大量壓電材料所製造的設備，諸如液體排出頭、超音波馬達及除塵裝置。

【符號說明】

[0179]

- 1：第一電極
- 2：壓電材料部分
- 3：第二電極
- 101：壓電元件
- 102：個別液體室
- 103：膜片
- 104：液體室隔間壁
- 105：排出口
- 106：連通孔

107：共用液體室
108：緩衝層
1011：第一電極
1012：壓電材料
1013：第二電極
201：振盪器
202：轉子
203：輸出軸
204：振盪器
205：轉子
206：彈簧
2011：彈性環
2012：壓電元件
2013：有機黏著劑
2041：金屬彈性體
2042：多層壓電元件
310：除塵裝置
320：膜片
330：壓電元件
331：壓電材料
332：第一電極
333：第二電極
336：第一電極表面
337：第二電極表面

- 51：第一電極
- 53：第二電極
- 54：壓電材料層
- 55：內部電極
- 56：層狀體
- 501：第一電極
- 503：第二電極
- 504：壓電材料層
- 505a：內部電極
- 505b：內部電極
- 506a：外部電極
- 506b：外部電極
- 601：相機主體
- 602：座
- 605：反光鏡箱
- 606：主要反光鏡
- 200：快門單元
- 300：主體框架
- 400：攝像單元
- 701：前透鏡群
- 702：前透鏡群
- 711：可移除座
- 712：固定鏡筒
- 713：直線引導鏡筒

- 714：前透鏡群鏡筒
- 715：凸輪環
- 716：後透鏡群鏡筒
- 717：凸輪滾子
- 718：螺絲
- 719：滾子
- 720：旋轉傳遞環
- 722：被驅動滾子
- 724：手動對焦環
- 725：超音波馬達
- 726：波狀墊圈
- 727：滾珠座圈
- 728：對焦鍵
- 729：接合構件
- 732：墊圈
- 733：低摩擦片
- 881：液體排出設備
- 882：外部
- 883：外部
- 884：外部
- 885：外部
- 887：外部
- 890：回收部分
- 891：記錄部分

- 892：運載器
- 896：設備主體
- 897：自動饋送器
- 898：出口
- 899：輸送單元
- 901：光學裝置
- 908：釋放鈕
- 909：電子閃光單元
- 912：揚聲器
- 914：麥克風
- 916：補充光單元
- 931：主體
- 932：縮放桿
- 933：電源開關

申請專利範圍

1. 一種壓電材料，其包含：具有以下通式（1）之鈣鈦礦型金屬氧化物；及至少一種選自以下之稀土元素：La、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、及 Lu，其中該稀土元素含量多於鈣鈦礦型金屬氧化物之量的 0 莫耳% 且為 5 莫耳% 或更少。

$(\text{Na}_x\text{Ba}_{1-y})(\text{Nb}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ （1）（其中 x 滿足 $0.80 \leq x \leq 0.95$ ，且 y 滿足 $0.85 \leq y \leq 0.95$ ）

2. 如申請專利範圍第 1 項之壓電材料，其另外包含 Cu，其中該 Cu 含量多於鈣鈦礦型金屬氧化物之量的 0 莫耳% 且為 2 莫耳% 或更少。

3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之壓電材料，其中該通式（1）中之 x 小於 y 。

4. 一種壓電元件，其包含：第一電極；壓電材料部分；及第二電極，其中該壓電材料部分包括如申請專利範圍第 1 項之壓電材料。

5. 一種多層壓電元件，其包含：於彼此頂部交錯堆疊之壓電材料層及電極層，該等電極層包括內部電極，其中該等壓電材料層包括如申請專利範圍第 1 項之壓電材料。

6. 如申請專利範圍第 5 項之多層壓電元件，其中該內部電極含有 Ag 及 Pd，且 Ag 之重量 M1 對 Pd 之重量 M2 的重量比 $M1/M2$ 係在 $1.5 \leq M1/M2 \leq 9.0$ 之範圍。

7. 如申請專利範圍第 5 項之多層壓電元件，其中該

內部電極含有 Ni 及 Cu 中之至少一者。

8. 一種液體排出頭，其包含：液體室；及與該液體室連通之排出口，其中該液體室具有包括如申請專利範圍第 4 項之壓電元件或如申請專利範圍第 5 項之多層壓電元件的振動部分。

9. 一種液體排出設備，其包含：經建構以接收物體之台；及如申請專利範圍第 8 項之液體排出頭。

10. 一種超音波馬達，其包含：包括如申請專利範圍第 4 項之壓電元件或如申請專利範圍第 5 項之多層壓電元件的振動構件；及與該振動構件接觸之移動體。

11. 一種光學設備，其含有包括如申請專利範圍第 10 項之超音波馬達的驅動單元。

12. 一種振動設備，其含有包括在膜片上之如申請專利範圍第 4 項之壓電元件或如申請專利範圍第 5 項之多層壓電元件的振動構件。

13. 一種除塵裝置，其含有包括如申請專利範圍第 12 項之振動設備的振動部分。

14. 一種攝像設備，其包含：如申請專利範圍第 13 項之除塵裝置；及攝像元件單元，其中該除塵裝置之膜片係配置在該攝像元件單元之光接收表面側。

15. 一種電子設備，其含有包括如申請專利範圍第 4 項之壓電元件或如申請專利範圍第 5 項之多層壓電元件的壓電音響組件。

圖式

圖 1

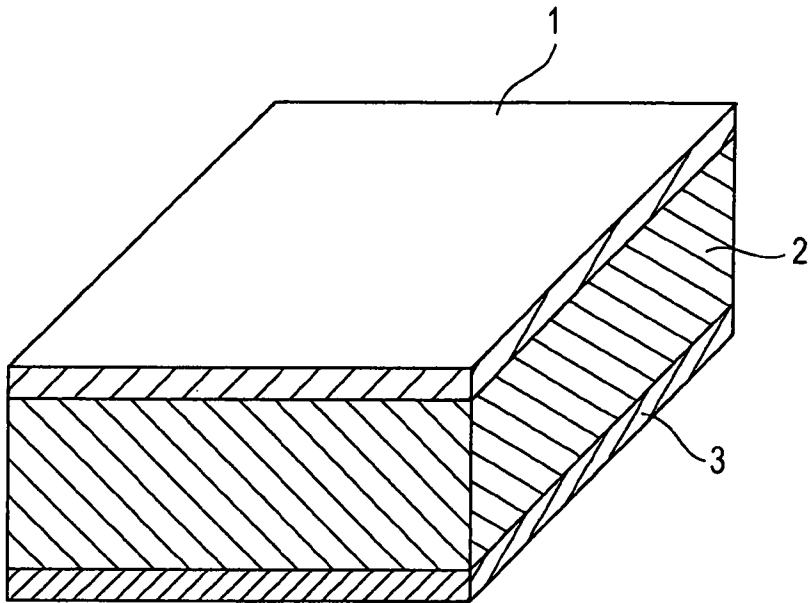


圖 2A

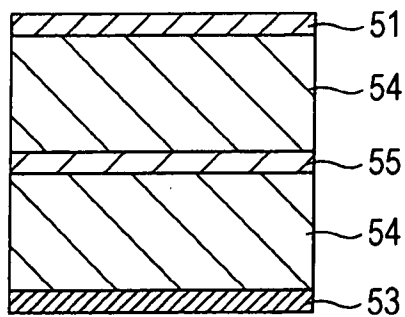


圖 2B

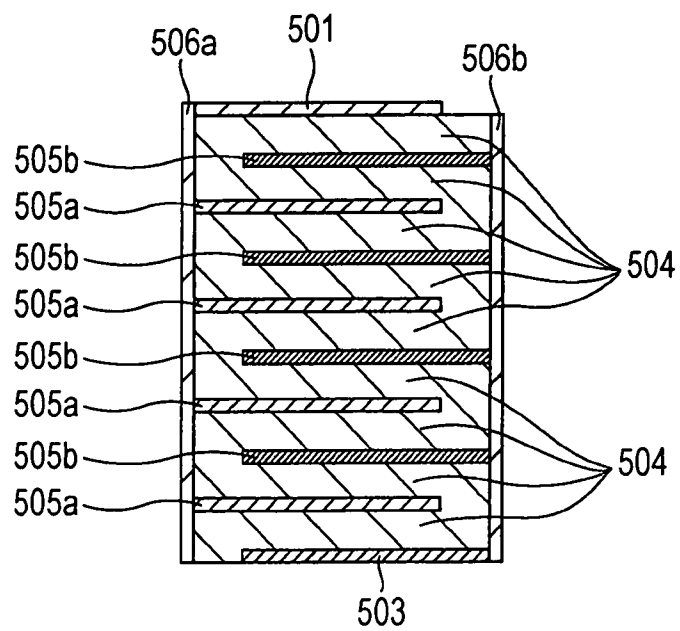


圖 3A

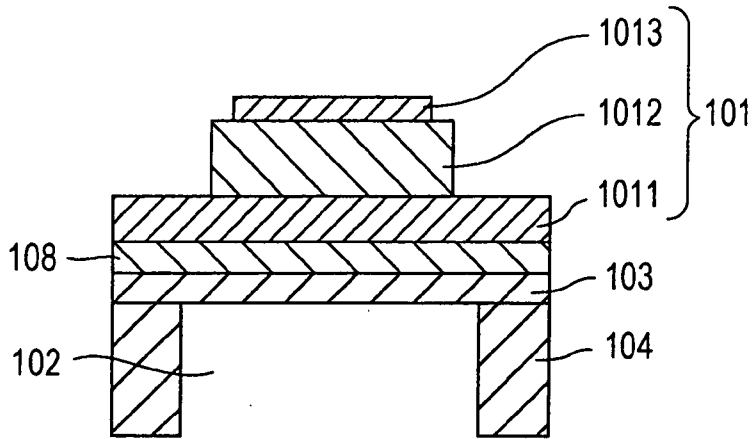


圖 3B

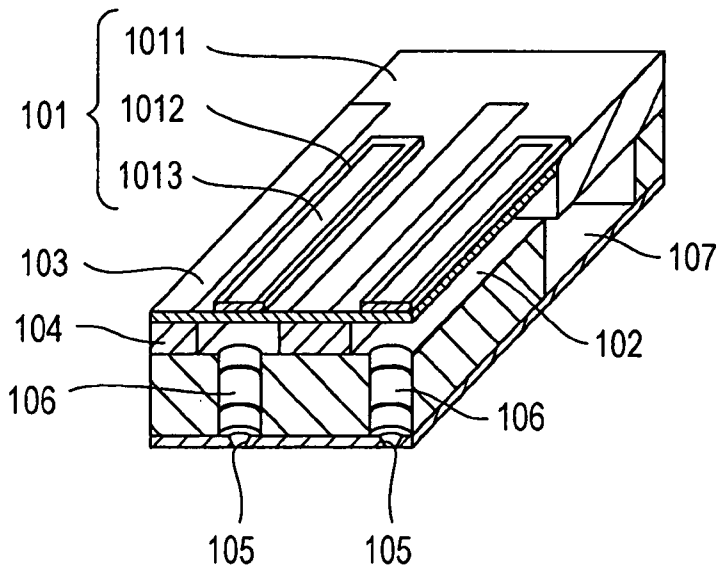


圖 4

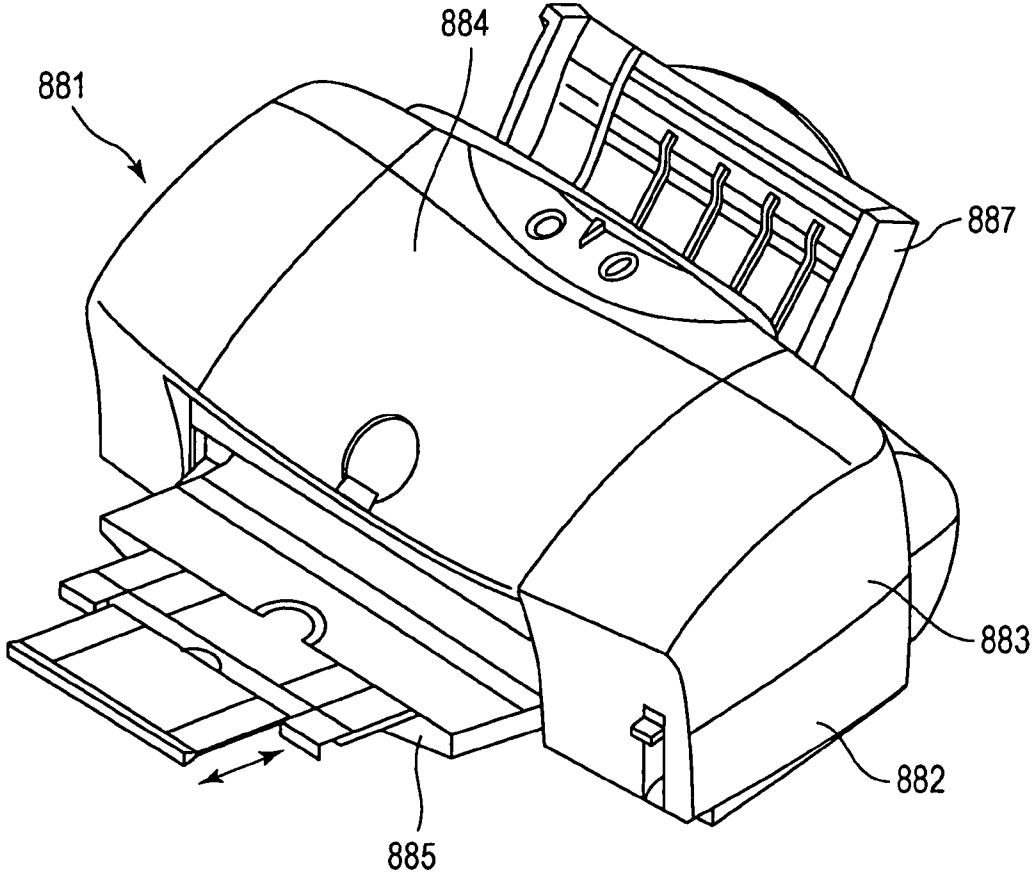


圖 5

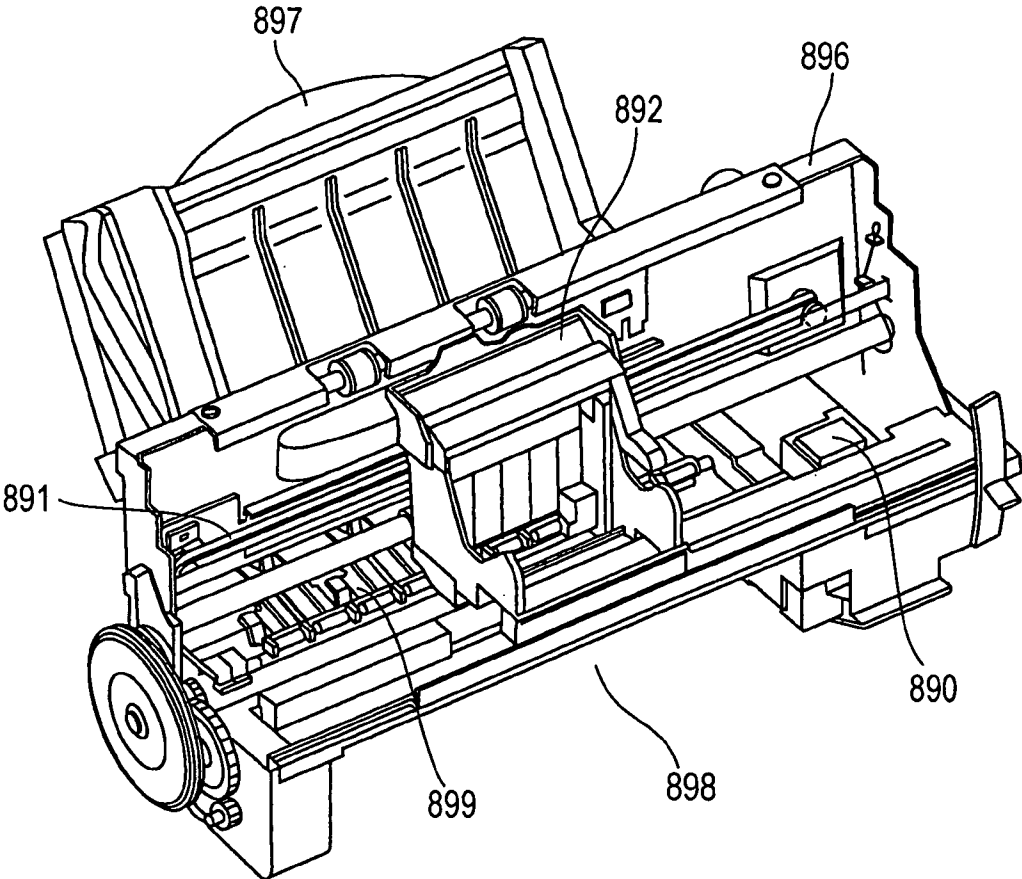


圖 6A

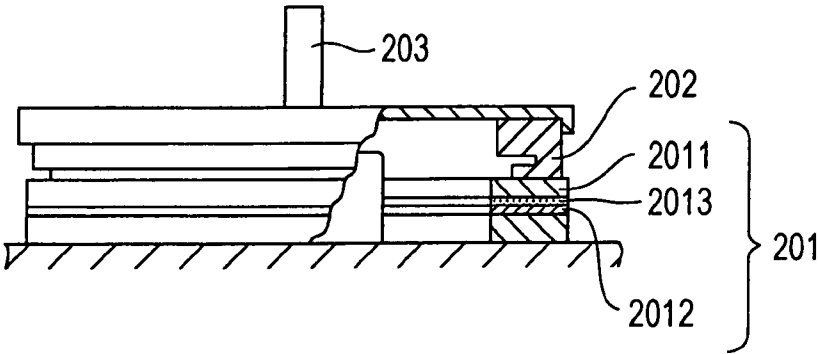


圖 6B

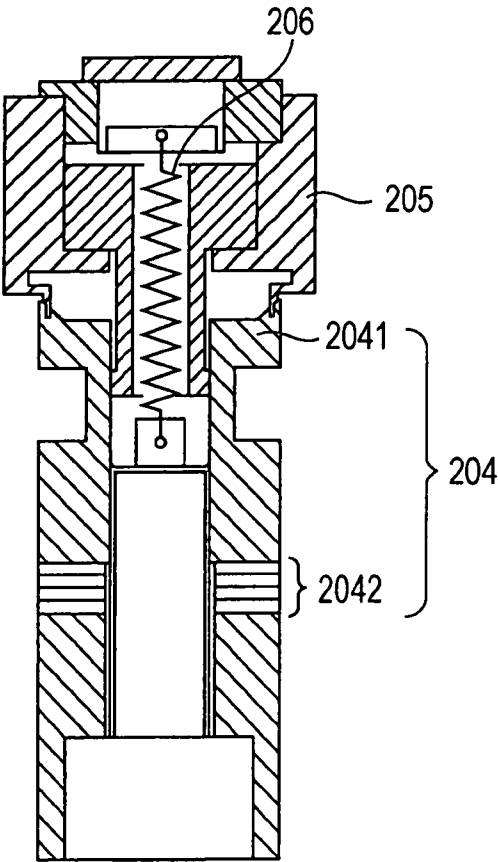


圖 7A

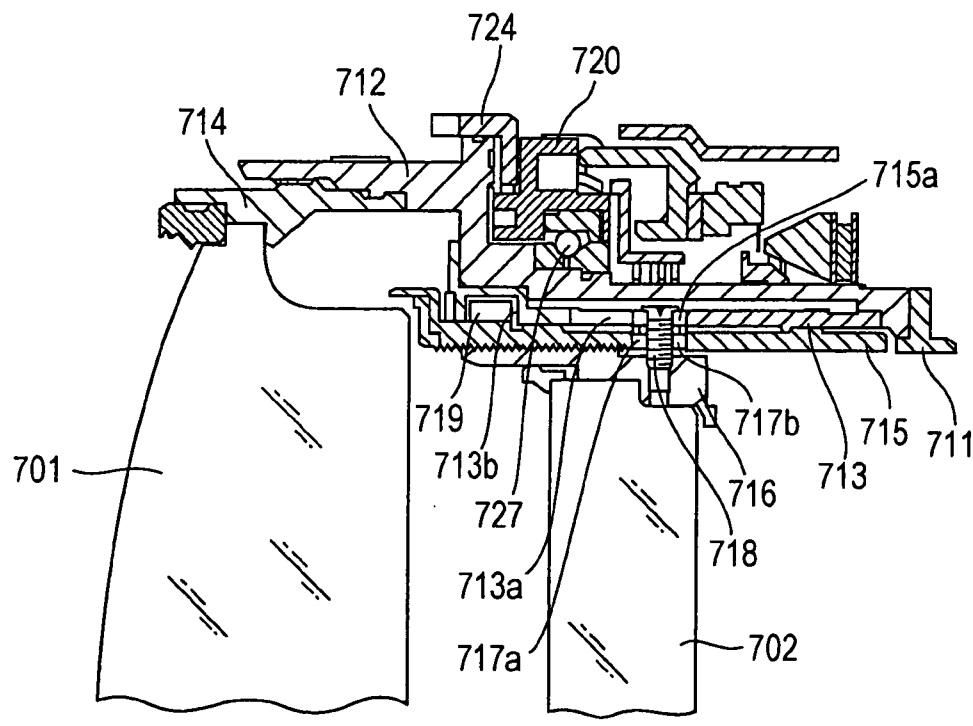


圖 7B

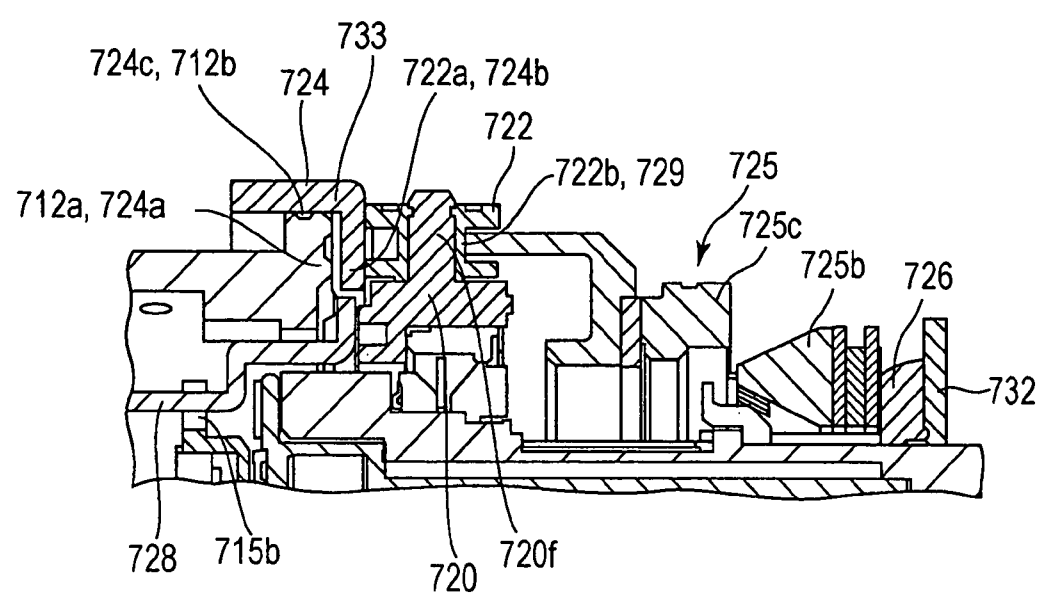


圖 8

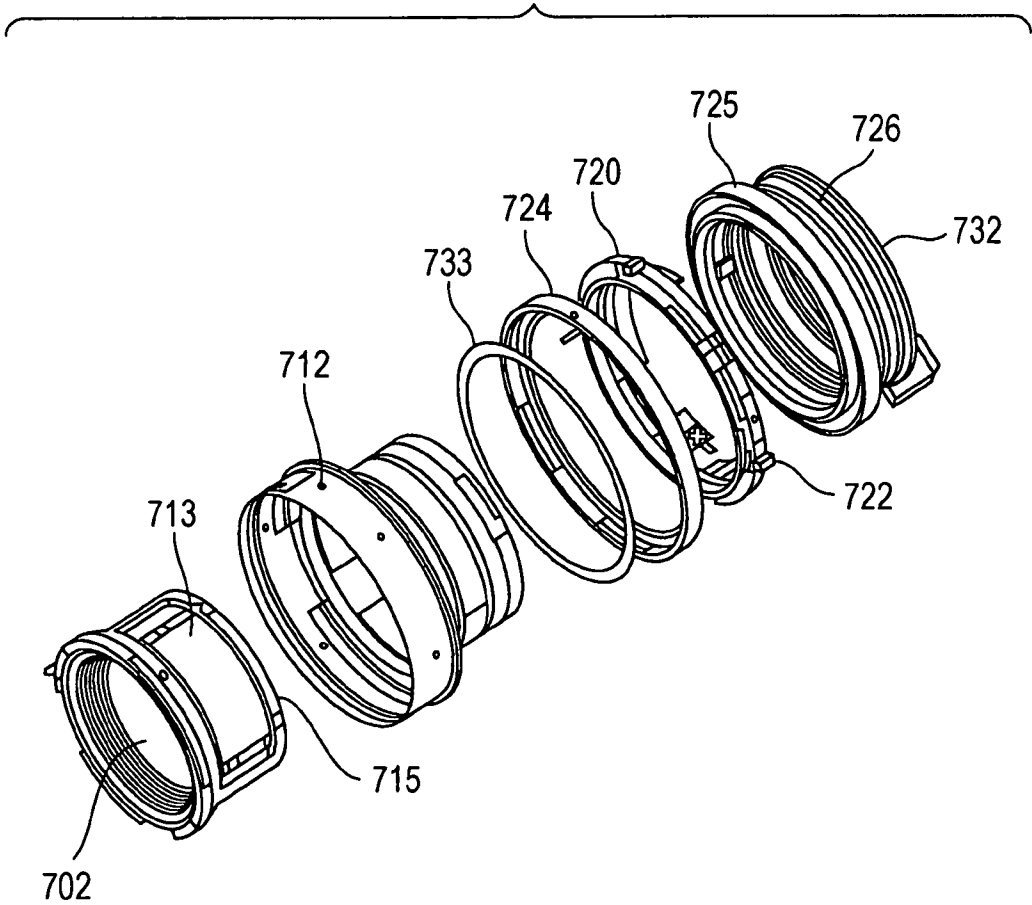


圖 9A

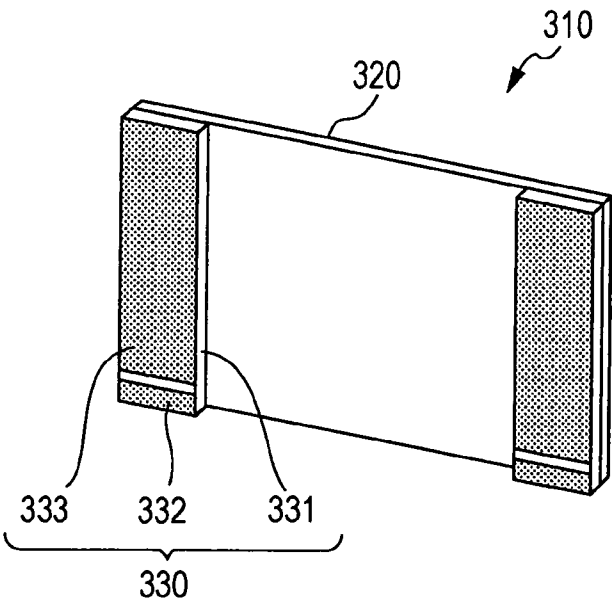


圖 9B

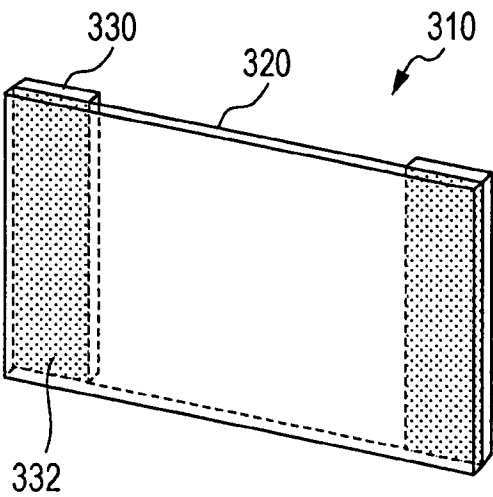


圖 10A

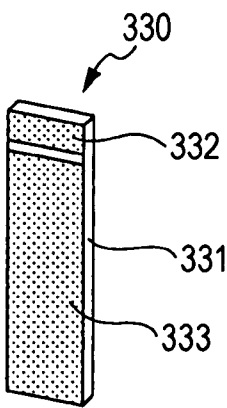


圖 10B

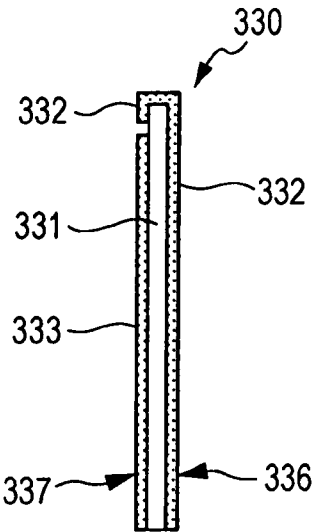


圖 10C

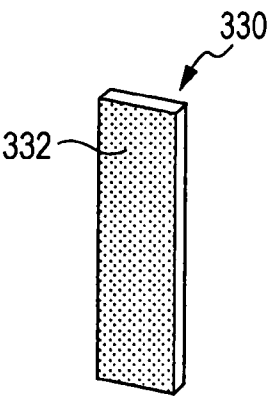


圖 11A

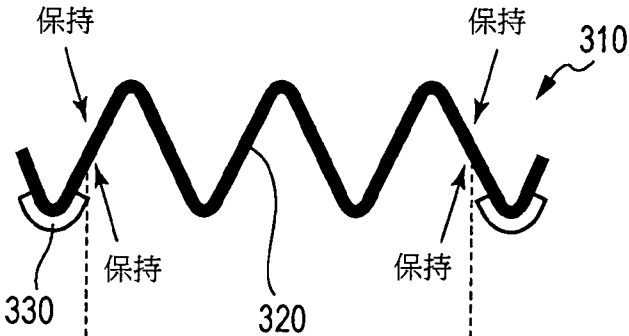


圖 11B

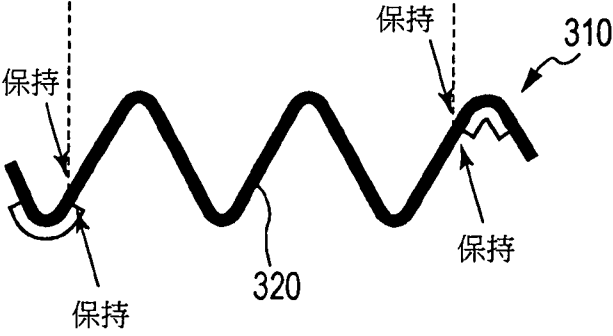


圖 12

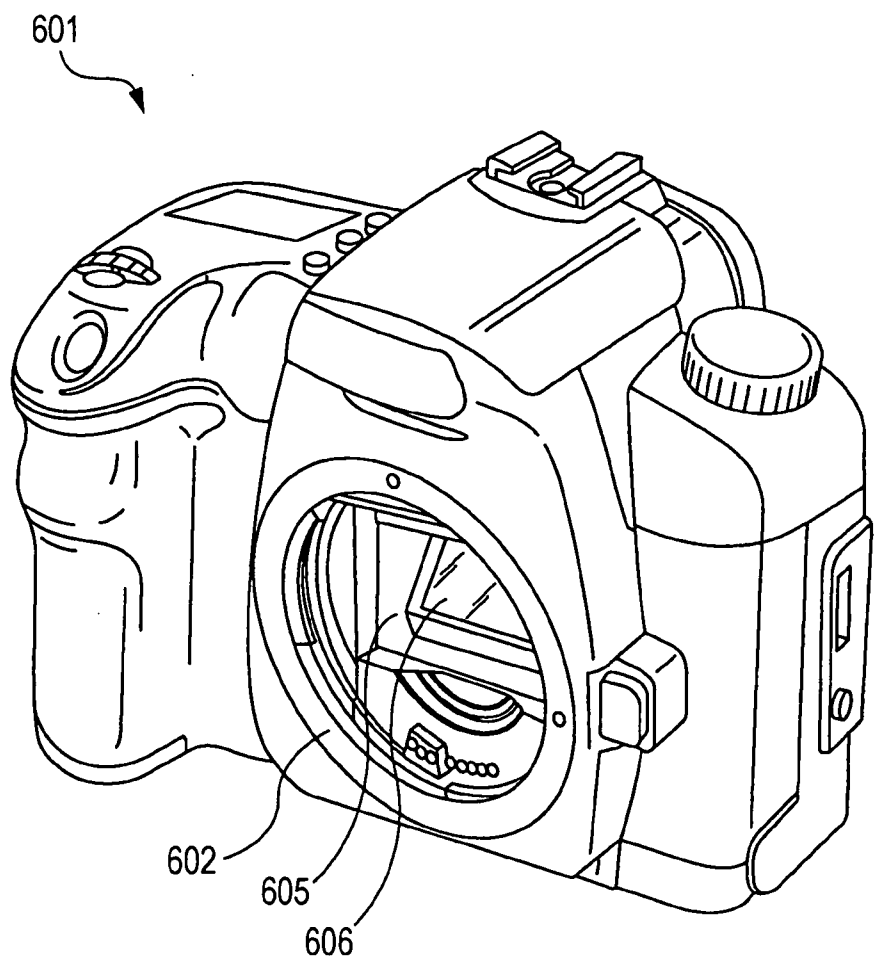


圖 13

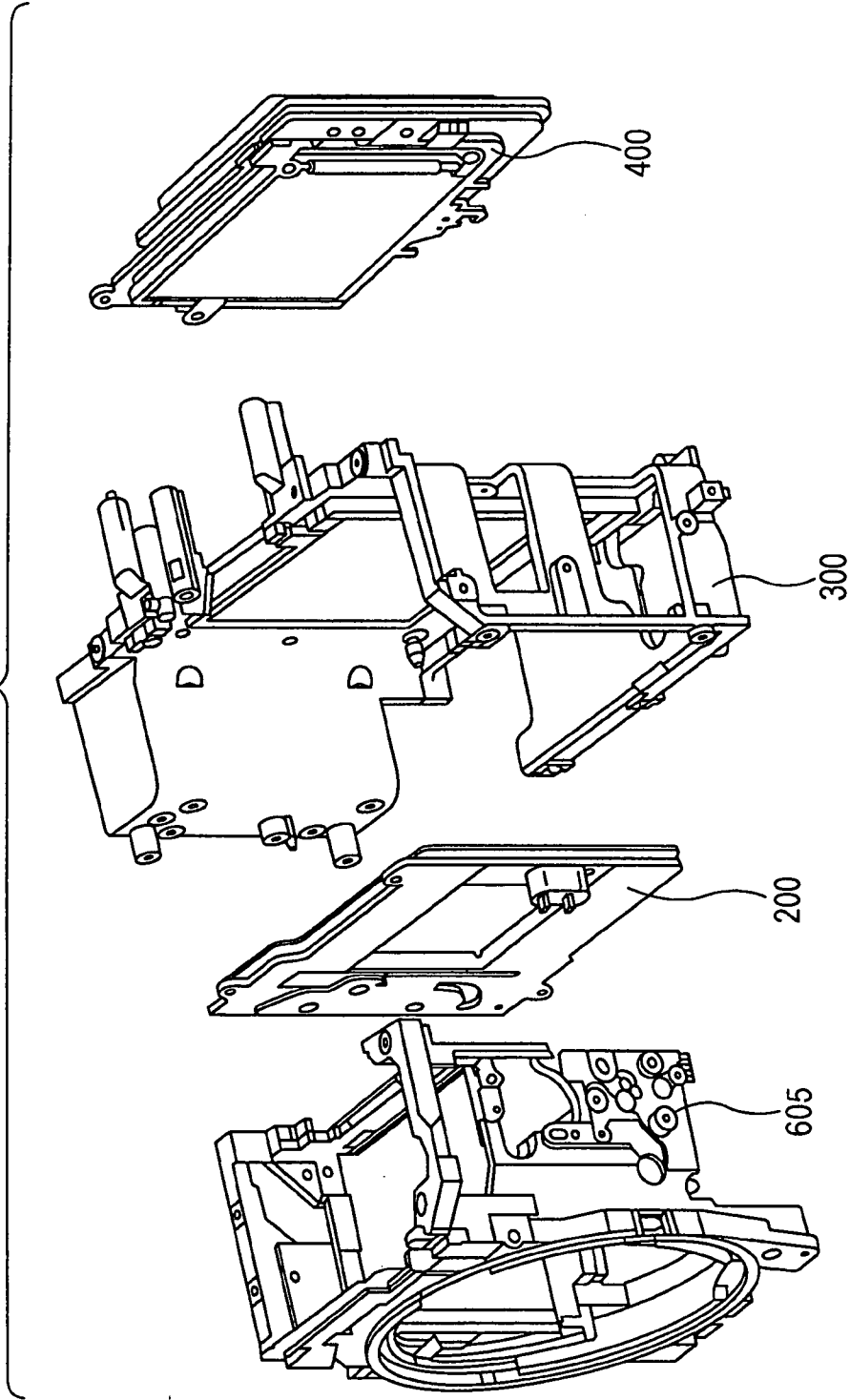


圖 14

